

ÖZEL SAYI/SPECIAL ISSUE 26
TEMMUZ/JULY 2021

EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi



E-ISSN 2148-2683

<https://dergipark.org.tr/en/pub/ejosat>

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Editor-in-Chief and Editor

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Editor

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Editor

Editorial Board Members

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Yildiz Technical University

Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Namık Kemal University

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Subjects: Engineering
Institution: Istanbul Technical University

Assoc. Prof. Dr. Juliana JALALUDIN
Subjects: Air Pollution and Control, Environmental Sciences
and Engineering
Institution: Universiti Putra Malaysia, Faculty of Medicine
and Health Sciences, Department of Environmental and
Occupational Health

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Subjects: Environmental Sciences and
Engineering, Geological Sciences and Engineering, Civil
Engineering
Institution: Yildiz Technical University

Asst. Prof. Dr. Abdulatef AHHMED
Subjects: Meat Technology
Institution: Aljfarah University

Prof. Dr. Osman TAYLAN
Subjects: Energy Systems Engineering, Machine
Learning, Quality Management, Artificial
Intelligence, Multiple Criteria Decision Making, Fuzzy Logic
Institution: Department of Industrial Engineering, Faculty of
Engineering, King Abdulaziz University.

Prof. Dr. İskender AKKURT
Subjects: Physics, Computer Sciences and Engineering
Institution: Suleyman Demirel University

The European Journal of Science and Technology (EJOSAT) is a scientific and peer-reviewed journal published online four times in January, April, August, and November. The European Journal of Science and Technology is scanned in indexes such as TR Index, Scilit, Index Copernicus, CiteFactor, International Innovative Journal Impact Factor, Eurasian Scientific Journal Index, SJIFactor, DRJI, Scientific Indexing Services and Google Scholar.



Derin Öğrenme Algoritması (YOLO) ile Dinamik Test Süresince Süspansiyon Parçalarında Çatlak Tespiti / Sayfalar: 1-5
Muhammed Abdullah ÖZEL, Selim Sefa BAYSAL, Mustafa ŞAHİN

Fuzzy Decision Mechanism for Stock Market Trading / Sayfalar: 6-11
Yavuz ÇAPKAN, Erdi ŞENOL, Cenk ULU

Metamaterial-based Printed Circuit Antenna for Biomedical Applications / Sayfalar: 12-15
Dhulfiqar ALİ, Taha ELWİ, Serkan ÖZBAY

Non-Contact Micromanipulation Of A Single E. Coli Minicell / Sayfalar: 16-21
Jiyan SÜRER, Ahmet Fatih TABAK

Network Intrusion Detection Approach Based on Convolutional Neural Network / Sayfalar: 22-29
Hakan Can ALTUNAY, Zafer ALBAYRAK

Poincare Çizimi Ölçümlerinden Topluluk Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Proses Kontrol Sistemlerinde Arıza Tespit ve Teşhisi / Sayfalar: 30-34
Emre ÇANCIOĞLU, Savas SAHİN, Yalçın İŞLER

A Novel Docking Algorithm Based On The LiDAR And The V-shape Features / Sayfalar: 35-40
Sercan Çağdaş TEKKÖK, Bekir BOSTANCI, Mehmet Emre SÖYÜNMEZ, Pınar OĞUZ EKİM

TV ve Set Üstü Cihaz Arayüzlerinin Kullanılabilirliğinin Değerlendirmesinde Makine Öğrenmesinin Kullanımı / Sayfalar: 41-46
Aycan KAYA, Çiğdem ALTIN GÜMÜŞSOY

Kullanılabilirlik Sezgiselleri ile Problemlerinin İlişkilendirilmesi: Makine Öğrenmesi Kullanımı / Sayfalar: 47-52
Aycan PEKPAZAR, Çiğdem ALTIN GÜMÜŞSOY

Görüntüden Görüntüye Dönüşüm ve Görüntü Sentezleme Yapan Üretici Çekişmeli Ağların İncelenmesi / Sayfalar: 53-60
Sara ALTUN, Muhammed Fatih TALU

Modifiye Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Konsol Dayanma Duvarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Optimum Tasarımı / Sayfalar: 61-67
Esra URAY, Büşra Nur ÇİTİRİK

Detection of COVID-19 Cases with Fuzzy Classifiers Using Chest Computed Tomography / Sayfalar: 68-72
Aleyna KÖKTEN, Volkan KILIÇ

Derin Öğrenme Tabanlı Mermer Yüzeylerinin Otomatik Sınıflandırılması / Sayfalar: 73-77
Mert ÖKTEM, Şahin Alp AKOSMAN, Özge Taylan MORAL, Volkan KILIÇ

Dental Kişi Tanıma Amacıyla Panoramik Röntgen Görüntülerinde Yeni Bir Çene Bölütleme Yöntemi / Sayfalar: 78-84
Mustafa Hakan BOZKURT, Serap KARAGÖL

Hybrid Course Recommendation System Design for a Real-Time Student Automation Application / Sayfalar: 85-90
Alper ARIK, Savaş OKYAY, Nihat ADAR

Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kablosuz Taşınabilir EKG Cihazı / Sayfalar: 91-95
Bircan ÇİFTÇİ, Zeynep ŞEN, Mustafa AKKAŞ

Türkiye'nin Enerji İhtiyacını Tahmin Etmek için Jaya Algoritmasına Dayalı Yeni Hibrit Bir Yaklaşım /
Sayfalar: 96-99
Ergun UZLU

Hekime Tanı Koymada Yardımcı, Yapay Zekâ Destekli Hastalık Tespit Uzmanı / Sayfalar: 100-116
Ethem KARAL, Metin TURAN

Internet of Things Based Smart Medicine Mobile Application / Sayfalar: 117-121
Azra Nur GÜR, Eda SAYDAM, Zeynep ÖZTEMUR, Mustafa AKKAŞ

FPGA Design of a Fourth Order Elliptic IIR Band-Pass Filter Using LabVIEW / Sayfalar: 122-127
Güner TATAR, Ihsan CİCEK, Salih BAYAR

FPGA Hardware Implementation of a SHA384 Accelerator for Internet of Things Applications /
Sayfalar: 128-132
Ihsan CİCEK

Design of the Personal Electrics Vehicle / Sayfalar: 133-137
Atıl Emre COŞGUN

COVID-19 ile İlgili Sosyal Medya Gönderilerinin Metin Madenciliği Yöntemlerine Dayalı Olarak
Zaman-Mekansal Analizi / Sayfalar: 138-143
Aytuğ ONAN

Kablosuz EKG Cihazı Tasarımı ve Sinyal İşleme Teknikleri Kullanılarak Özniteliklerin
Değerlendirilmesine Yönelik Web Sitesi Tasarımı / Sayfalar: 144-150
Sinem ABDİOĞLU, Büşra ACAR, Ahmet Reşit KAVSAOĞLU

Dual-Band Frequency Absorber Based on Split-Ring Resonators for WiMAX and WLAN Bands /
Sayfalar: 151-154
Alparslan ÇINAR, Siddik Cumhuri BAŞARAN

Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ölçeğinde Değerlendirilmesi
/ Sayfalar: 155-164
Cem EMEKSİZ, Muhammed Musa FINDIK

Geliştirilmiş EEMD-EWT Tabanlı Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanarak Çok Adımlı Rüzgar Hızı Tahmini /
Sayfalar: 165-173
Cem EMEKSİZ, Mustafa TAN

Nano-Nesnelerin İnterneti'nin Gelecekteki Uygulamalarına Yönelik Bir Yol Haritası / Sayfalar: 174-
179
Emre ŞAHİN, Orhan DAĞDEVİREN, Mustafa AKKAŞ

Test Experiment Design for IMU-Based Angle Measurement Systems / Sayfalar: 180-184
Cengiz TEPE, Levent YAVAN

Indoor Navigation with Visible Light Communication using Genetic Algorithm / Sayfalar: 185-190
Emre GÖZÜAÇIK, Mustafa ALTIOK, Levent GÖKREM

Akıllı Telefonlar için Birleştirme Modeli Tabanlı Görüntü Altyazılama / Sayfalar: 191-196
Muharrem BARAN, Özge Taylan MORAL, Volkan KILIÇ

Nöroanatomi Dersi İçin Bir Mobil Uygulama Önerisi / Sayfalar: 197-202
Güzin TİRKEŞ, Deniz GÖKPINAR, Ekin Ece ARICI, Afranur BAYRALI

İşitme Engellilere Yönelik Çevresel Ses Yönü Tespit Sistemi / Sayfalar: 203-207
Ahmet Reşit KAVSAOĞLU, Hasan CAMCI

Fetal Movement Detection and Anatomical Plane Recognition using YOLOv5 Network in
Ultrasound Scans / Sayfalar: 208-216
Emre DANDIL, Musa TURKAN, Furkan Ertürk URFALI, İsmail BİYİK, Mehmet KORKMAZ

A Comparative Assessment of Text-independent Automatic Speaker Identification Methods Using
Limited Data / Sayfalar: 217-222
Mandana FASOUNAKI, Emirhan Burak YÜCE, Serkan ÖNCÜL, Gökhan İNCE

Investigation of Electromagnetic Wave Propagation Frequencies in Two-Dimensional Photonic
Crystals with Finite Differences Method / Sayfalar: 223-227
Ayşe Nihan BASMACI, Seçkin FİLİZ

Hafif Elektrikli Araçlar için Asenkron Motor Tasarımı ve Uygulaması / Sayfalar: 228-233
Cemil OCAK, Burak YENİPINAR

İkili Gri Kurt ve İkili Harris Şahin Optimizasyonları ile Web Haber Sayfalarının Sınıflandırılması /
Sayfalar: 234-241
Muhammet AKTAŞ, Fatih KILIÇ

Hibrit Yapılı Rotor Sargısının Asenkron Motor Verimliliği ve Performansı Üzerindeki Etkisinin
İncelenmesi / Sayfalar: 242-246
Cemil OCAK, Burak YENİPINAR

Covid-19 Döneminde Uzaktan Eğitimde Mentor Gerekliliğinin Makine Öğrenmesi Yaklaşımları ile
Belirlenmesi ve Belirleyicilerin Açıklanması / Sayfalar: 246-255
Ebru ŞİMŞEK, Pelin CANBAY

EOG – Based Computer Control System for People with Mobility Limitations / Sayfalar: 256-261
Cemil KESKİNOĞLU, Ahmet AYDIN

Çok Etmenli Sistemlerde Bir Dağıtık Denklem Çözüm Algoritmasının Yakınsama Hızı En İyilemesi /
Sayfalar: 262-269
Onur CİHAN

Mechanical and Microstructural Properties of Ti-V-Al High Temperature Shape Memory Alloy /
Sayfalar: 270-275
Semra ERGEN

Wavelet Dalgacık Dönüşümü ile Tıkayıcı Uyku Apnesi Tahmini ve Epok Sürelerinin Etkisi / Sayfalar:
276-283
Mehmet BALCI, Adem GÖLCÜK, Serkan KÜÇÜKTÜRK, Sakir TASDEMİR, Hüsamettin VATANSEV,
Hülya VATANSEV

Ampirik Mod Ayırıştırması ve Welch Yöntemini Kullanarak Dört Sınıflı Motor Hayali EEG Sinyallerinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması / Sayfalar: 284-288
Mustafa TOSUN, Osman ÇETİN

Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Telefon Uygulaması ile Kan Şekeri Tahmini / Sayfalar: 289-294
Volkan KILIÇ

Haber Metinlerinden Sosyo-ekonomik ve Epidemiyolojik Konuların Metin Madenciliğine Dayalı Belirlenmesi / Sayfalar: 295-300
Aytuğ ONAN

Bulanık Mantık Tabanlı Bir Hibrit Yol Takip Yöntemi / Sayfalar: 301-306
Muhammed ÇELİK, Cenk ULU

The Implementation of DCGAN in the Data Augmentation for the Sperm Morphology Datasets / Sayfalar: 307-314
Kamran BALAYEV, Nihad GULUZADE, Sercan AYGÜN, Hamza O.İLHAN

Arazi Kullanımdaki Zamansal Değişimin Kıyı Kenar Çizgisi ve Mülkiyet Açısından Değerlendirilmesi: Erzin İlçesi Örneği / Sayfalar: 315-324
Fazıl NACAR

İki Amaçlı Çoklu Gezgin Satıcı Problemi için Üç Aşamalı Çözüm Yaklaşımı / Sayfalar: 325-331
Beyza GUNESSEN, Muzaffer KAPANOĞLU

Öznitelikli Ağlarda Topluluk Arama / Sayfalar: 332-337
Tuğçe KAÇNICI, Arzu KAKIŞIM

Videoların Derin Öğrenme ile Sınıflandırılarak Filtrelenmesi / Sayfalar: 338-342
Murat KAZANÇ, Tolga ENSARİ, Mustafa DAĞTEKİN

Object Detection for Safe Working Environments using YOLOv4 Deep Learning Model / Sayfalar: 343-351
Oğuzhan ÖNAL, Emre DANDIL

ARM Based Smart Water Meter with LoRa for Soilless Agriculture Application / Sayfalar: 352-357
Caner BAYDUR, Savas SAHİN, Alkım GÖKÇEN, Bahadır YEŞİL

Deep Reinforcement Learning Based Controller Design for Model of The Vertical Take off and Landing System / Sayfalar: 358-363
Mahmut AĞRALI, Mehmet Uğur SOYDEMİR, Alkım GÖKÇEN, Savas SAHİN

Design of IoT-based Air Quality Meter Module and Air Quality Analysis with Machine Learning / Sayfalar: 364-368
Ege Alp TÜRKYENER, Savaş ŞAHİN, Sadık ARSLAN

Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi / Sayfalar: 369-373
Yasin BADUR, Dursun AKASLAN

Control Allocation of a GEO Satellite for Station-Keeping and Momentum Management by Using Thrusters and Reaction Wheels / Sayfalar: 374-382
Kezban ÜÇÜNCÜ EMRİ, Onur CİHAN

Adaptive Genetic Algorithm Renewed by Migration Operator / Sayfalar: 383-388
Rabia KORKMAZ TAN, Şebnem BORA

Battery State of Health and Charge Estimation Using Machine Learning Methods / Sayfalar: 389-394
Enes Malik ŞAHİN, Savas SAHİN, İbrahim TANAĞARDIGİL

BICOT: Big Data Analysis Approach for Clustering Cloud based IoT Systems / Sayfalar: 395-400
Zuleyha AKUSTA DAGDEVIREN, Orhan DAĞDEVİREN

A Big Data Analysis Framework for Localization in Cloud based Sensor and Robot Networks / Sayfalar: 401-406
Zuleyha AKUSTA DAGDEVIREN, Orhan DAĞDEVİREN

U-net Mimarileri ile Glioma Tümör Segmentasyonu Üzerine Bir Literatür Çalışması / Sayfalar: 407-414
Ayşe BAŞTUĞ KOÇ, Devrim AKGÜN

A Minimum Spanning Tree based Clustering Algorithm for Cloud based Large Scale Sensor Networks / Sayfalar: 415-420
Zuleyha AKUSTA DAGDEVIREN

Bluetooth Controlled Hexapod Robot Design / Sayfalar: 421-424
Koray KAVLAK

A Cloud-based Asset Tracking System for Hospitals Using Ultra-wideband Localization / Sayfalar: 425-430
Noushin KARİMPOUR, Zuleyha AKUSTA DAGDEVIREN, Vahid AKRAM, Orhan DAĞDEVİREN

Bir İnsansız Su Üstü Aracının Dış Bozucu Etkisinde Makine Öğrenmesi ile Hız Kontrolü / Sayfalar: 431-437
Recep Fatih CANTEKİN, Berna EROL, Seda KARTAL

Comparison of Some Static Path Planning Models Localization Performance in Obstacle-Presence Environment / Sayfalar: 438-446
Doğan YILDIZ, Serap KARAGÖL

The Effect of the Wireless Power Transfer for Electric Vehicles on State of Charge / Sayfalar: 447-455
Fatih DURMUŞ, Serap KARAGÖL

Development Supply Chain Management In Terms of Quality Function: An Application in the Manufacturing Industry / Sayfalar: 456-465
Ayşenur ERDİL

Bi-Attempted Based Optimization Algorithm For Numerical Optimization Problems / Sayfalar: 466-471
Mehtap KÖSE ULUKÖK

Gri Kurt Optimizasyon Algoritması ile Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası Tasarımı / Sayfalar: 472-476
Sümeyya ARIKAN, Fatma LATİFOĞLU

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Zero Flow Rate Detection of Ultrasonic Water Meter Using Machine Learning Techniques / Sayfalar: 477-481

Alkım GÖKÇEN, Bahadır YEŞİL

Tekstil Sektörü için ROS Destekli Otonom Mobil Robot Geliştirilmesi / Sayfalar: 482-487
Eylül ÖZER, A. Burak İNNER

Current Research Areas in Blockchain / Sayfalar: 488-492
Yılmaz DİKİLİTAŞ, Kazım Onur TOKA, Ahmet SAYAR

E-Ticaret Sitelerinin Kullanılabilirliğinin AHP ve TOPSİS Yöntemleriyle Karşılaştırılması / Sayfalar: 493-509
Muhammet Enis BULAK, Orkun KOZANOĞLU, Şule Nur AYDOĞDUOĞLU, Fatmanur GÖÇER, Rabia ALGÜL

Gözlük Çerçevesi Üretimi İçin Otomatik Bir Sistem Geliştirme / Sayfalar: 510-515
Rıza İLHAN



Derin Öğrenme Algoritması (YOLO) ile Dinamik Test Süresince Süspansiyon Parçalarında Çatlak Tespiti

Muhammed Abdullah Özel^{1*}, Selim Sefa Baysal², Mustafa Şahin³

¹ Aydınlar Yedek Parça San. ve Tic. A.Ş., Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3056-6438), ozel.muhammed@aydtr.com

² Aydınlar Yedek Parça San. ve Tic. A.Ş., Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7439-4087), baysal.selimsefa@aydtr.com

³ Aydınlar Yedek Parça San. ve Tic. A.Ş., Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1803-1599), sahin.mustafa@aydtr.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952798)

ATIF/REFERENCE: Özel, M. & Baysal, S. & Şahin, M. (2021). Derin Öğrenme Algoritması ile Dinamik Test Süresince Süspansiyon Parçalarında Çatlak Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 1-5.

Öz

Günümüzde Derin Öğrenme yöntemlerinin kullanımı her alanda artmıştır. Yapay Zekâ, bilgisayarın veya bilgisayar kontrolünde bir makinenin zeki canlılara benzer mekanizmalarla karar verme yeteneğine sahip olmasıdır. Kısaca Yapay Zekâ, bilgisayarın insanlar gibi düşünmesini sağlar. Derin Öğrenme bir veya daha fazla gizli katman içeren yapay sinir ağları ve benzeri makine öğrenme algoritmalarını kapsayan çalışma alanıdır. Yani en az bir adet yapay sinir ağının kullanıldığı ve birçok algoritma ile, bilgisayarın elindeki verilerden yeni veriler elde etmesidir. Derin Öğrenme alanında kullanılan birçok algoritma vardır. Bu algoritmalarından YOLO (You Only Look Once) algoritması ve Darknet modeli, yüksek işleme hızından dolayı yüksek FPS (Frame Per Second) sağlamakta ve daha net sonuçlar vermektedir. Bu sebeple bu çalışmada YOLO algoritması tercih edilmiştir. Algoritmanın 4 farklı versiyonu için denemeler yapılmış, sonuçlar karşılaştırılmış, tespit doğruluğu ve hız olarak en iyi sonuç Versiyon-4 algoritmasında sağlanmıştır. OpenCV, NumPy, SciPy gibi Python programlama dili kütüphaneleri kullanılarak tespit edilen deformelerin sayısı tespit edilmiş, tespit anları kayıt altına alınmış, bu algoritmaların test kontrol sistemi ile bilgi alışverişi sağlanarak test sisteminin durdurulması sağlanmıştır. Deformasyonlar için büyük bir veri seti oluşturulmuş ve oluşturulan bu veri seti 4 farklı algoritma versiyonlarıyla eğitim yapılmış ve uygulamaya geçilmiştir. Otomotiv yan sanayinde üretilen süspansiyon sistem bileşenlerin performansları dinamik testlerle test edilmektedir. Bu testlerde parçalar plastik deformasyona maruz kalana kadar ya da ani kırılma başlangıcı olan çatlak oluşumunda, test sisteminin durdurulması insan kontrolünde yapılmaktadır. Ancak bu durumda, parçaların ilk deformasyon anı tespit edilememektedir ve aynı zamanda zaman kaybına yol açmaktadır. Bu çalışmada derin öğrenme algoritmalarından olan YOLO ile deformasyon ve çatlak oluşumu tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ayrıca derin öğrenme, görüntü işleme ve Python kütüphanelerinin nesne tespitinde kullanımları ayrıntıyla incelenmiş, uygulama oluşturulmuş, Python programı ve Yapay Sinir Ağları kullanılarak sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, YOLO, Görüntü İşleme, Süspansiyon Parçaları, Deformasyon.

Crack Detection in Dynamic Test Drive Suspension Parts with Deep Learning Algorithm (YOLO)

Abstract

Nowadays, the use of Deep Learning methods has increased in many areas. Artificial Intelligence, which includes deep learning, is the ability of a computer or a computer-controlled machine to make a decision similar to intelligent creatures. In short, Artificial Intelligence enables the computer to think like a human. Deep Learning is a field of study that includes neural networks with one or more hidden layers and similar machine learning algorithms. In other words, in deep learning, the computer uses at least one artificial

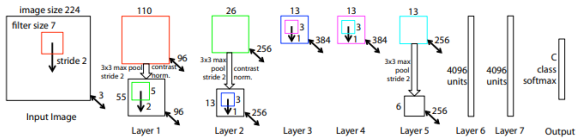
* Sorumlu Yazar: Aydınlar Yedek Parça San. ve Tic. A.Ş., Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3056-6408, ozel.muhammed@aydtr.com

neural network and obtains new data from the data it has with different algorithms. There are many algorithms used in the Deep Learning field. Among these algorithms, YOLO (You only look once) algorithm and Darknet model provide higher FPS (Frame Per second) due to high processing speed and give clearer results. For this reason, the YOLO algorithm has been preferred in the application. Trials have been made for 4 different versions of the algorithm, the results have been compared, the best result in terms of detection accuracy and speed has provided in the Version-4 algorithm. Using Python programming language libraries such as OpenCV, NumPy, and SciPy, the number of detected deformities were determined, their detection moments were recorded, and the test system was stopped by providing information exchange with the test control system of these algorithms. A large dataset has been created for deformations and this data set has been trained and implemented with 4 different algorithm versions. The performances of the suspension system components produced in automotive reflectivity are tested with dynamic tests. In these tests, the test system is stopped under human control until the parts are subjected to plastic deformation or in case of crack formation that is a sudden breakout. However, in this case, the first moment of deformation of the parts cannot be detected and at the same time causes a waste of time. In this study, the use of deep learning, image processing and Python libraries in object detection has been examined in detail, the application has been created, and the results have been obtained by using the Python program and Artificial Neural Networks.

Keywords: Deep Learning, YOLO, Image Processing, Suspension Parts, Deformation.

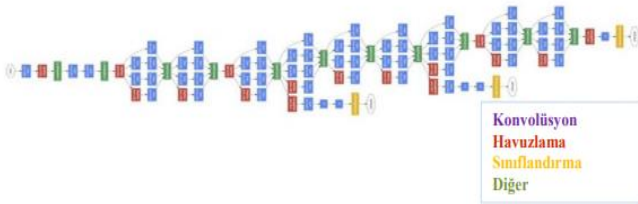
1. Giriş

2012 yılında Alexnet'in ImageNet yarışmasını kazanmasının ardından yapılan yarışmalarda derin öğrenme modelleri kullanılmaya başlandı. Matthew Zeiler ve Rob Fergus tarafından tasarlanan ZFNet (Zeiler and Fergus 2014) 2013 yılında ImageNet yarışmasının kazananı olmuştur. Bu model ile nesne tanımda hata oranı yüzde 11,2'ye indirilmiştir. 7x7 boyutundaki filtreleri ve havuzlama katmanında 2 adım kayma miktarı kullanılmıştır. Bu değişikliğin arkasındaki mantık, birinci konvolüsyon katmanındaki daha küçük bir filtre boyutunun, giriş boyutundaki birçok orijinal piksel bilgisinin korunmasına yardımcı olmasıdır[6].



Şekil 1. ZF Net mimarisi (Zeiler and Fergus 2014)

GoogLeNet (Szegedy, Liu et al. 2015) yapısındaki Inception modüllerinden dolayı karmaşık bir mimaridir. GoogLeNet 22 katmanlı ve yüzde 5,7 hata oranı ile ImageNet 2014 yarışmasının kazananı olmuştur. Bu mimari genel olarak, ardışık bir yapıda konvolüsyon ve havuzlama katmanlarını üst üste istiflemekten uzaklaşan ilk CNN mimarilerinden biridir. Ayrıca bu yeni model bellek ve güç kullanımı üzerinde önemli bir yere sahiptir. Katmanların hepsini yığılmak ve çok sayıda filtre eklemek, hesaplama ve bellek maliyeti getirir ve ezberleme olasılığını artırır. GoogLeNet bu durumun üstesinden gelmek için paralel olarak birbirine bağlı modüller kullanılmıştır[6].



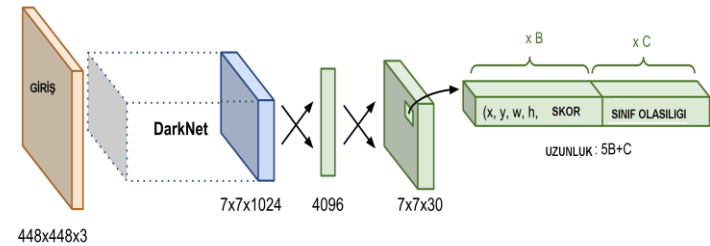
Şekil 2. GoogLeNet ağ mimarisi (Szegedy, Liu et al. 2015)

ResNet (He, Zhang et al. 2016) şu ana kadar olan tüm mimarilerden daha derin olarak tasarlanan bir mimaridir. 152 katmandan oluşmaktadır. Aynı zamanda yüzde 3,6 hata oranı ile ImageNet 2015 yarışmasının kazananı olmuştur. Becerileri ve uzmanlıklarına bağlı olarak, insanlar genelde yüzde 5-10 hata oranına sahiptir[6].



Şekil 3. Microsoft ResNet ilk 34 katmanın ağ mimarisi (He, Zhang et al. 2016)

YOLO ImageNet'te eğitilmiş 53 katmanlı bir ağa sahip olan bir Darknet çeşidi kullanır. Bu bizim backbone katmanımızdır. Algılama görevi için, üzerine 53 katman daha yığılır ve bu da bize YOLO için 106 kat tamamen evrişimli bir mimari sağlar. ResNet ile karşılaştırıldığında, Darknet-53 daha iyi performansla sahiptir ve 1,5 kat daha hızlıdır. Kısayol bağlantılarına sahip Darknet-53 ve özellik harita örnekleme ve birleştirme özelliklerine sahiptir.



Şekil 4. DarkNet-53 Backbone gösterimi[1].

YOLO algoritması araba, kamyon, yaya, bisikletli ve hatta hayvanları tanımlama yetisine ve son derece hızlı bir algoritmaya sahiptir. YOLO modeli görüntüleri 416x416 pikselde 22 milisaniyede çalışır. SSD (Sigle Shot Detection)

kadar hassas ve 3 kat daha hızlıdır. YOLO modeli diğer ağ yapılarına göre çok daha iyi bir ağ yapısına sahiptir. Diğer sistemlere göre yaklaşık 4 kat daha hızlı olan bu model sadece modelin boyutunu değiştirerek kolayca hız ve doğruluk arasında geçiş yapmaya olanak tanır. En önemli özelliği ise yeniden eğitim gerektirmez. Diğer CNN tabanlı sistemlerin çoğu görüntüdeki bir nesneyi algılamak için sınıflandırıcıları yeniden kullanır. Yaygın olan nesne algılama yöntemleri ile karşılaştırıldığında, nesnenin sınıflandırılması ve konumlandırılması için tek CNN uygular. Görüntüleri yaklaşık 30-45FPS hızında işleyebilir, bu yüzden oldukça hızlıdır. Bu, video akışının gerçek zamanlı olarak işlenebileceği ve birkaç milisaniye ihmal edilebilir bir gecikme süresi olduğu anlamına gelir[15].

Backbone	Top-1	Top-5	Bn Ops	BFLOP/s	FPS
ResNet-101[5]	77.1	93.7	19.7	1039	53
ResNet-152 [5]	77.6	93.8	29.4	1090	37
Darknet-53	77.2	93.8	18.7	1457	78

Şekil 5. Backbone karşılaştırma[9].

2. Materyal ve Metot

2.1. Algoritma

YOLO artan bir iyileştirilme için geliştirilmiş bir algoritmadır. Bir süredir pek çok nesne algılama algoritması olduğu için rekabet, nesnelerin ne kadar doğru ve hızlı bir şekilde tespit edildiğiyle ilgilidir. Çalışmamızda en yeni, doğru ve hızlı tespit edilebilirliği barındırdığı için YOLO Darknet-53 modeli kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelde, convolution layer, shortcut layer, contaminated layer, detection layer, batch normalize ve upsample vardır.

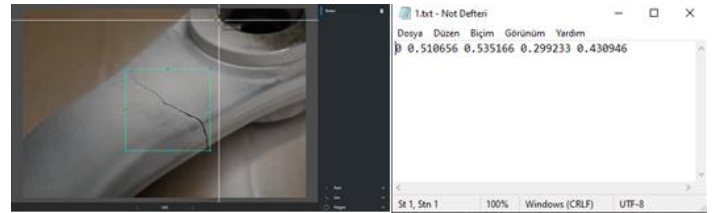
2.1.1. Faaliyetler

Şekil 6'da dinamik test sistemine bağlanmış ve kırılmış olan Salıncak parçası görülmektedir. Dinamik test sistemine bağlanmış olan parçanın deformasyonu, operatör kontrolünde gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple gözden kaçırılabilen ve deformasyon artabilmekte, operatör insiyatifinde dinamik test durdurulmaktadır. Dinamik test esnasında salıncak parçasında oluşan çatlak ilk anda tespit etmek gerekmektedir. Deformasyonun tespit edilme süresinin uzaması, dinamik teste tabii tutulan parçanın verilerinde ve yorumlanmasında hatalara neden olabilmektedir. Bu çalışmada Yapay Sinir Ağları kullanılarak deformasyonun tespit işleminin gerçekleştirilmesi planlanılmış, literatür araştırması ve çalışmalar incelenmiş ve irdelenmiştir.



Şekil 6. Süspansiyon parçasında oluşan örnek deformasyon.

Derin öğrenme yöntemlerinin kullanılması için büyük bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Önceden test edilmiş olan parçalarda oluşan deformasyonlar, dinamik test sistemine bağlanacak ve yeni test edilecek parçalarda oluşacak bütün deformasyonlar kayıt altına alınmıştır. Kaydedilen video ve resim verileri tamamlandıktan sonra deformasyon bölgesi 'Broken' olarak etiketlenmiştir, yani koordinatları belirlenmiştir. Belirlenen bu koordinatlar, düzenlenecek ve konfigürasyon yapılacak olan YOLO algoritmasına uygun formata dönüştürülmüş (skala edilmiş) ve veri formatı JPG olarak güncellenmiştir. Elde edilen bu verilerin %80'i eğitim için, %20'si ise test için kullanılmak üzere ayrılmıştır. Oluşturmuş olduğumuz veriseti için; data, names ve cfg dosyaları oluşturulmuştur. Data dosyası; kaç sınıfta veri eğiteceğimizi, test ve eğitim verilerinin dosya yollarını, eğiteceğimiz sınıfın etiket adının bulunduğu dosya yolunu ve eğitim sırasında ve sonunda yedekleme dosyasının bulunması istenilen dosya yolu bilgilerini içermektedir. Darknet ana klasörü altında depoladığımız, 'data', 'cfg' ağ dosyası ve 'weights' ağırlık dosyası belirtilerek eğitim işlemi komut ile Google Colab platformu üzerinden başlatılmıştır. Eğitim sırasında elde edilen sonuçlar arasından ortalama hata değeri yani AVG değeri oldukça düşük olduğu zaman eğitim durdurulmalıdır. Ortalama hata değerinin düşmesi uzun zaman almıştır ve AVG değeri 0,08 değerine ulaştığı zaman eğitim işlemi durdurulmuştur. Spyder programı kullanılarak Python programlaması için gerekli olan bilgiler tespit edilmiştir. Bu bilgiler; Deformasyon tespit bölgesinin belirlenmesi ve çizdirilmesi, kaç adet çatlak tespit edildiği, çatlak tespit edildiği an Test Kontrol Sistemi'nin durdurulması için gönderilecek veri, tespit anı görüntüleri olarak OpenCV kütüphanesinde başta olmak üzere birçok kütüphane programlama içerisinde kullanılmıştır. Eğitim işlemi sonucunda elde edilen bu ağırlık dosyamızı yazmış olduğumuz program ile Real-Time olarak çalıştırabilecek, dilediğimiz zaman fotoğraf ve video ile de geçmişe yönelik tespit çalışmaları yapılabilecek, sistem içerisinde geçiş yapabilmeye yönelik modüler bir şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 7. Deforme parçanın etiketlenme işlemi ve skala edilmiş koordinatları.

Test ve eğitim veriseti içerisinde bulunmayan başka bir resim ve video yüklenerek, aynı zamanda gerçek zamanlı test sistemi izlenerek en son kaydedilen ağırlık dosyası sisteme yüklenerek test aşamasına geçilmiştir. Deformasyon bölgelerinin tespit edilip çerçeve içerisine alınıp alınmayacağı, tespit halinde deformasyon ve sayısının doğruluğu, Test Kontrol Sistemi'ne durdurma bilgisinin gidip gitmediği 4 farklı versiyon için test edilmiştir.

Tablo 1. YOLO versiyon sonuç karşılaştırmaları

ALGORİTMALAR	mAP	FPS
YOLO-Tiny	%44.2	4 - 4.2
YOLO-v2	%76	0.02 - 0.1
YOLO-v3	%81	1 - 1.2
YOLO-v4	%96.3	0.85 - 1

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Versiyon Denemeleri ve Sonuçlar

Derin Öğrenme algoritmaları sayesinde bu proje ile süspansiyon parçalarından "Salıncak" parçasının dinamik test esnasındaki deformasyonlarının tespit edilmesini ve kontrolünü sağlamak, test edilen ürünlerde deformasyon ilerlemeden test sisteminin durdurulması ve ilk tespit anında görüntü ve verilerin kaydedilmesi hedeflenmiştir. Yapay Sinir Ağları ile nesne tespiti yapabilmek için YOLO algoritması ve DarkNet modeli kullanılmıştır. Veriseti oluşturmak için dinamik test esnasında deformasyon başlamadan kayıt alınmış ve bu kayıtlar işlenerek, önceden test edilmiş parçalardaki çatlakların videoları ve görüntüleride verisetine dahil edilmiştir. Elde edilen verilerden çatlakların belirlendiği noktalar etiketlenmiş ve eğitim işlemi tamamlanmıştır. Görüntü işleme ve deformasyon tespiti için uygun formda Python üzerinden algoritma yazılmış ve kodlama yapılmıştır. Eğitim işlemi bittikten sonra testler yapıлып, çatlak tespitinin farklı YOLO algoritma versiyonları ile kıyaslanarak en doğru sonuçlar alınan algoritma tespit edilmiş, sistem için bu algoritma kullanımı belirlenmiştir. Tiny algoritması daha az katmanı ve ağ yapısı sebebiyle FPS değeri olarak yüksek değerler sağlamıştır fakat bunu yanı sıra mAP değeri olarak diğer algoritmalarından düşük kalmıştır. Versiyon 2 algoritması mAP değeri istenilen değer üzerinde (%70) sonuç vermiş fakat FPS değeri istenilen aralıkta değer sağlayamamıştır. Versiyon 3 algoritması ile hem mAP değeri hem de FPS değeri olarak istenilen değerler elde edilmiştir. Versiyon 4 algoritması ile de mAP ve FPS değerleri olarak istenilen değerler elde edilmiş olup, en yüksek doğruluk değeri ve mAP/FPS korelasyonu içerisinde bulunması, uygulama için Versiyon-4 algoritmasının kullanımı belirlenmiştir.



Şekil 9. Real-Time Deformasyon Tespit Denemeleri

4. Sonuç

Derin öğrenme ve yapay sinir ağları nesne tanıma algoritmaları geliştirilerek süspansiyon parçalarından 'Salıncak' parçasının dinamik test esnasında oluşabilecek çatlak veya kırılma deformasyonunun; görüntü, video ve gerçek zamanlı olarak kamera üzerinden tespitinin yapılması başarıyla sağlanmıştır. Yapılan çalışma sayesinde dinamik test esnasında ve test sonrasında istenilen mod dahilinde çatlak tespiti yapılmış olup, parçada oluşan deformasyon ilerlemeden dinamik test durdurulabilecek kabiliyete ulaşıp, oluşan deformasyon personel kontrolünde ve insiyatifinde olmaksızın kesin sonuçları yüzdelik tahmin ve görüntü üzerinden ekrana aktarabilmektedir. Derin öğrenme ağları ile başarılar elde edildiği görülmektedir. Yaygın bir şekilde kullanılmasının sebebi açık kaynak kodlu yazılım kütüphanelerin bulunmasıdır. En büyük dezavantajları modellerinin eğitilmesinde donanımsal kaynakların yetersiz gelebilmesidir.

5. Teşekkür

Bu çalışma AYD0720-03 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Available: [www.arxiv.org/\(2015\). \"abs/1512\"](http://www.arxiv.org/(2015). \) [Accessed:2019].
- Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. Proceedings of the IEEE international conference on computer vision.
- Girshick, R., J. Donahue, T. Darrell and J. Malik (2014). "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation." 2014 Ieee Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Cvpr): 580-587.
- He, K., X. Zhang, S. Ren and J. Sun (2015). Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet



Şekil 8. Real-Time Deformasyon Tespit Denemeleri

- classification. Proceedings of the IEEE international conference on computer vision.
- He, K. M., X. Y. Zhang, S. Q. Ren and J. Sun (2016). "Deep Residual Learning for Image Recognition." 2016 Ieee Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Cvpr): 770-778.
- İNİK ve ÜLKER. /GBAD, 2017, 6(1), 85-104.
- Justin Johnson" from "CS231n Convolutional Neural Networks (2016).
- "Loss Function" from Available: <https://pjreddie.com> (2016), [Accessed:2019].
- Jonathan Hui from SSD object detection: Single Shot MultiBox Detector (2018).
- LeCun, Y. (1987). Modèles connexionistes de l'apprentissage, Université de Paris VI. 18, 504, 517.
- LeCun, Y., Y. Bengio and G. Hinton (2015). "Deep learning." Nature 521(7553): 436-444.
- Lecun, Y., L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner (1998). "Gradient-based learning applied to document recognition." Proceedings of the IEEE 86(11): 2278-2324.
- Szegedy, C., W. Liu, Y. Q. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke and A. Rabinovich (2015). "Going Deeper with Convolutions." 2015 Ieee Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Cvpr): 1-9
- Sik-Ho Tsang from YOLOv3 You Only Look Once (2019).
- WILDML."UNDERSTANDING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR NLP."(2016).
- Zeiler, M. D. and R. Fergus (2014). "Visualizing and Understanding Convolutional Networks." Computer Vision - Eccv 2014, Pt I 8689: 818-833.



Fuzzy Decision Mechanism for Stock Market Trading

Yavuz Çapkan^{1*}, Erdi Şenol², Cenk Ulu³

¹ Yıldız Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-1901-6657), yavuzcapkan@outlook.com

² MEF University, Faculty of Engineering, Department of Electronic Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0001-6260-7922), senole@mef.edu.tr

³ Yıldız Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-8588-6247), cenkulu@yildiz.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951586)

ATIF/REFERENCE: Çapkan, Y., Şenol, E. & Ulu, C. (2021). Fuzzy Decision Mechanism for Stock Market Trading. *European Journal of Science and Technology*, (26), 6-11.

Abstract

Investors utilize various methods to make buy/sell decisions depending on time-dependent stock market prices. In this study, a fuzzy decision mechanism that makes buy/sell decisions for stock market data is proposed. The proposed mechanism generates instant buy/sell decisions by evaluating three popular indicators which are the Moving Average Convergence/Divergence (MACD) Strategy, Chaikin Money Flow (CMF), and Stochastic Oscillator (SO). The fuzzy decision mechanism has three inputs and one output which are defined by using Gaussian membership functions. In the design of the decision mechanism, Mamdani inference method is used and the rule table is defined by nine rules. Therefore, the structure of the proposed fuzzy decision mechanism is simple and straightforward. The performance of the proposed fuzzy decision mechanism is compared with two classical decision mechanisms using MACD and CMF indicators separately. In the comparisons, the stock market data of Borsa Istanbul 100 Index (XU100), Dow Jones Industrial Average (^DJI), and S&P 500 (^GSPC) are used. The comparison results show that the proposed fuzzy decision mechanism provides significantly higher profit than the mechanisms using either MACD or CMF indicators for all stock market data.

Keywords: Fuzzy logic, Stock market, Technical indicators, Technical analysis, XU100, ^DJI, ^GSPC.

Hisse Senedi Piyasası için Bulanık Karar Mekanizması

Öz

Yatırımcılar, hisse senedi/borsa değerlerinin zamana bağlı olarak alım/satım kararlarını vermek için çeşitli yöntemler kullanmaktadırlar. Bu çalışmada, hisse senedi piyasası verilerine ilişkin alım/satım kararlarını veren bir bulanık karar mekanizması önerilmiştir. Önerilen çıkarım mekanizması üç popüler gösterge olan Hareketli Ortalama Yakınsama/İraksama (MACD), Chaikin Para Akışı (CMF) ve Stokastik Osilatör (SO) göstergelerini değerlendirerek anlık alım/satım kararları üretmektedir. Bulanık karar mekanizmasının, Gauss üyelik fonksiyonları kullanılarak tanımlanmış üç adet girişi ve bir adet çıkışı vardır. Karar mekanizmasının tasarımında Mamdani çıkarım yöntemi kullanılmış ve kural tablosu dokuz kural ile tanımlanmıştır. Bu nedenle, önerilen bulanık karar mekanizmasının yapısı basit ve anlaşılırdır. Önerilen bulanık karar mekanizmasının performansı, MACD ve CMF göstergelerini ayrı ayrı kullanan iki klasik karar mekanizması ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda Borsa İstanbul 100 Endeksi (BIST100), Dow Jones Borsası Endüstri Endeksi (^DJI) ve S&P 500 (^GSPC) borsa verileri kullanılmıştır. Karşılaştırma sonuçları, önerilen bulanık karar mekanizmasının tüm borsa verileri için MACD veya CMF göstergelerini kullanan klasik karar mekanizmalarından önemli ölçüde daha yüksek kar sağladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, Borsa, Teknik göstergeler, Teknik analiz, BIST100, ^DJI, ^GSPC.

* Corresponding Author: yavuzcapkan@outlook.com

1. Introduction

New formulas, techniques, and different approaches have been tried to increase earnings in the stock market for years. The common feature of all stock markets is that they include uncertainties in the short or long term. Although the irregular fluctuations in prices make some investors lose money, some investors increase their profit by using different methods to predict uncertainty in prices (Adebiyi, 2011). These methods are fundamental analysis, technical analysis, time series analysis, and machine learning methods (Altay & Satman, 2005). Today, investors use one or more of these methods at the same time in order to predict possible or extraordinary price fluctuations. In the fundamental analysis, investors analyze the trend over a certain time using lines. It is determined whether the stock market is in a downward or upward trend with this analysis method. In the basic analysis method, investors analyze the assets and debts of the company and estimate the future status of the stock market price. In the classical time series analysis, the model of the price change of the stock market in time is derived by utilizing previous price data and, the future prices are estimated. Similarly, machine learning methods are also used to derive more accurate models (Altunkaynak, 2010), (Atiya et al, 1997), (Atsalakis et al, 2015). Investors generally make their decisions by using trend, volume, and demand information. Although these types of information are easy to use alone, they provide insufficient performance. Therefore, they are used with additional decision mechanisms to make more accurate decisions (Avci, 2007).

Ahmed et al., introduced a fuzzy logic-based stock market decision mechanism (Gamil et al, 2007). They tested the system with the NASDAQ index data. However, they only used the Moving Average (MA) technical indicator in the rules for the fuzzy inference system. Boyacioglu and Avci proposed a predictive system by modeling the stock market index with ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) (Boyacioglu & Avci, 2010). They tested their system on the XU100 index. Ijegwa et al. introduced a fuzzy logic-based stock market decision mechanism. They used 4 indicators in their study and tested them with data from two Nigerian banks (Achema et al, 2014). Su and Cheng proposed a new ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) time series model based on the INFS (integrated nonlinear feature selection) method (Su & Cheng, 2016). Naranjo et al., introduced a methodology to detect candlestick patterns in a stock market trading system using fuzzy logic (Naranjo et al, 2018). In their study, they made comparisons using TAIEX and HIS stock market data. Lauguico et al. proposed an algorithm that goes through a specific trading strategy using three fuzzy logic controllers (Lauguico et al, 2019). They tested and compared the system in two portfolios of the Nasdaq-100 and Eurostoxx market. Huang et al. represented a new trading point prediction framework that includes the dual-cluster mining technique, a method for establishing the fuzzy rule base, and a fuzzy inference system optimized for trade point prediction (Huang et al, 2020). They tested the system using technical indicators such as candlestick parameters and Bollinger Bands (BB) to trigger the strength of buy, hold, and sell signals. They named their method BM-FM and tested it with stock market data.

In literature, most of the existing methods handle the problem within the time series prediction framework. After these

prediction processes, additional analyses are needed to make a buy/sell decision. On the other hand, the existing methods providing buy/sell decisions are not easily applicable due to their quite complex structures. In this study, a decision mechanism is proposed to provide appropriate instant buy/sell decisions for stock market data. The proposed mechanism is based on the fuzzy inference system which uses three popular indicators as inputs. These indicators are the Moving Average Convergence Divergence (MACD) Strategy, Chaikin Money Flow (CMF), and Stochastic Oscillator (SO). It is aimed to increase the earnings by using buy/sell decisions of the proposed mechanism. The proposed decision mechanism is designed in a simple and straightforward structure in order to obtain effective results in many different stock market data. The effective performance of the proposed fuzzy decision mechanism is demonstrated on three different stock market data which are XU100, ^DJI, and ^GSPC data.

The organization of this study is as follows. In Section 2, the indicators used in this study are given. In Section 3, the proposed fuzzy decision mechanism is introduced. In Section 4, experiment results are demonstrated. Finally, the conclusions are summarized in Section 5.

2. Indicators Used in The Study

2.1. MACD (Moving Average Convergence / Divergence)

The MACD was introduced by Gerald Appel in the 1970s. The MACD is based on moving averages and is mainly designed to identify trend changes. It is calculated by subtracting a longer Exponential Moving Average (EMA) from a shorter EMA (Appel & Dobson, 2008), (Rosillo et al, 2013).

EMA and MACD are defined as follows

$$EMA_n(i) = Value(i) * \left(\frac{2}{1+n}\right) + EMA_n(i-1) * \left(1 - \left(\frac{2}{1+n}\right)\right) \quad (1)$$

$$MACD(n) = \sum_{i=1}^n EMA_a(i) - \sum_{i=1}^n EMA_b(i) \quad (2)$$

where, n is the number of days, and $Value(i)$ is the asset price on an i^{th} day. After the calculations of EMA and MACD, the signal and histogram values are calculated as follows.

$$Signal(n) = SMA_9(MACD(n)) \quad (3)$$

$$MACDHistogram(n) = MACD(n) - Signal(n) \quad (4)$$

$Signal$ in (3) gives the exponential average of another 9 days and is used to see the long and short opportunities placed above the MACD. SMA is the Simple Moving Average and, the histogram is the distance between the MACD line and the signal line.

2.2. SO (Stochastic Oscillator)

The Stochastic Oscillator was developed by George Lane in the late 1950s. SO refers to the point of a current price about the price range of a stock market over a specified period of time. This method tries to predict price turning points by comparing the closing price with the price range (Murphy, 1999).

The future trend of the stock market is shown by using the difference between the maximum and minimum closing prices in the specified periods. SO is represented by two different lines; the short time line %D and the long time line %K. These values are calculated as follows

$$\%K = \frac{Close-Low_x}{High_x-Low_x} * 100 \quad (5)$$

$$\%D(n) = SMA_3(\%K(n)) \quad (6)$$

where, x represents the number of previous trading sessions.

2.3. CMF (Chaikin Money Flow)

Chaikin Money Flow was developed by Marc Chaikin. CMF measures the volume of money flow over a specified period of time. CMF is the basis of the accumulation distribution line. Instead of cumulative total money flow volume, the CMF aggregates only the money flow volume for a given past period. To determine changes in money flow, signals above or below the zero line are checked (Thomsett, 2010), (Cohen, 2020). CMF is calculated as follows

$$CMF = \frac{MFV}{Volume_n} \quad (7)$$

Here MFV indicates Money Flow Volume and n is the sum of the volume in a certain period. MFV is determined as follows

$$MFV = MFM * Volume \quad (8)$$

$$\%MFM = \frac{(Close-low)-(High-Close)}{High-Low} \quad (9)$$

where MFM is Money Flow Multiplier.

3. Proposed Fuzzy Decision Mechanism

In this section, the proposed fuzzy decision mechanism is given. In the design of the decision mechanism, Mamdani inference method is used (Mamdani & Assilian, 1975). The proposed fuzzy decision mechanism uses three popular indicators as inputs which are MACD, CMF, and SO. The output range is defined as [-1 1]. If the output value is less than 0, it is evaluated as a sell. On the other hand, if it is greater than 0, it is considered as a buy. In the graphical representation of buy/sell values, buy and sell signals are created in the changes from the status of - (minus) to + (plus) or vice versa. Situations other than these signals are considered as a hold.

The input range for MACD is determined as [-50 50]. 12 and 26 days EMAs are used to calculate the MACD data. The range of the CMF indicator is chosen as [-1 1], and in the calculation of the CMF indicator, $n=1$ is used. The range of the SO indicator is determined between 0 and 100. $x=5$ trading session is used in the calculation of the SO indicator. The output interval of the fuzzy decision mechanism is determined as [-1 1]. Gaussian membership functions are used for all input and output variables as shown in Fig. 1, respectively.

The constructed rule table with 9 rules is given in Table 1. Depending on the final design of the proposed mechanism, the obtained decision surfaces for MACD-CMF, MACD-SO, and CMF-SO are shown in Fig. 2 respectively.

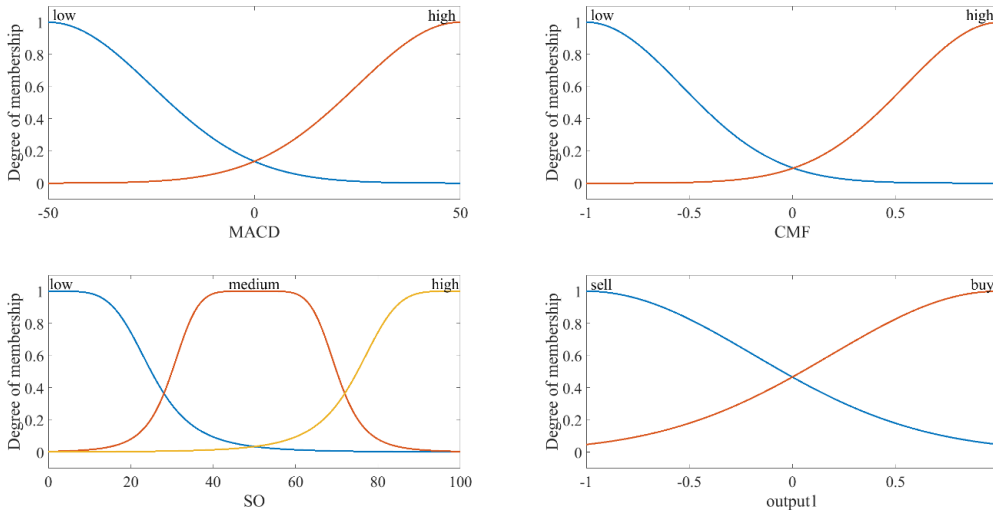


Figure 1. Inputs and output membership functions.

Table 1. Fuzzy rules

Rule Number	MACD	CMF	SO	Output
1	high	high	low	buy
2	high	low	high	sell
3	low	high	low	buy
4	low	low	low	sell
5	high	high	medium	buy
6	low	low	medium	sell
7	high	high	high	buy
8	low	high	high	buy
9	low	low	high	sell

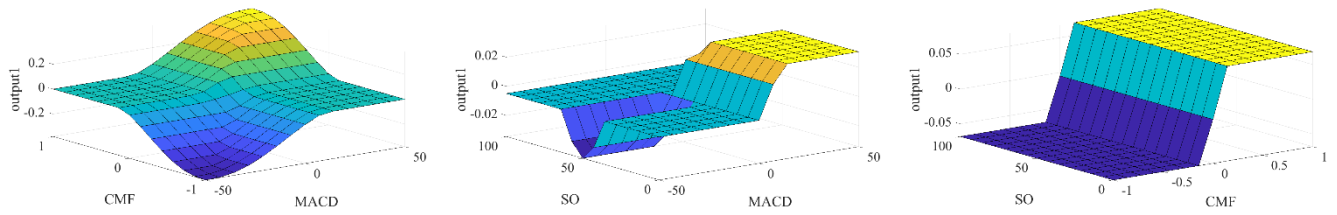


Figure 2. Fuzzy surfaces for MACD-CMF, MACD-SO and CMF-SO.

4. Experiment Results

In this section, the proposed fuzzy decision mechanism is tested by using three different market data which are XU100, ^GSPC, and ^DJI. To show the effectiveness of the proposed mechanism, the performance of the proposed fuzzy decision mechanism is compared with two classical decision mechanisms using MACD and CMF indicators separately.

Firstly, indicators are calculated in order to be applied to the fuzzy decision mechanism. Then, the proposed fuzzy decision

mechanism generates the buy or sell decisions by evaluating these indicator values. The dates between 28 December 2010 and 13 November 2020 (2486 trading days) are used for XU100 data which is downloaded from investing.com. The data between 1 January 2016, and 8 January 2021 are used for ^GSPC and ^DJI stock market data from Yahoo. Since no result is produced for the first 33 days in MACD indicator calculation, 33 days before the initial dates are also considered for MACD indicator. The graphical representations of XU100, ^GSPC, and ^DJI stock market data are shown in Fig. 3, 4, and 5, respectively (Graphics dates (Fig. 4 and 5): 1 September 2020 - 8 January 2021).

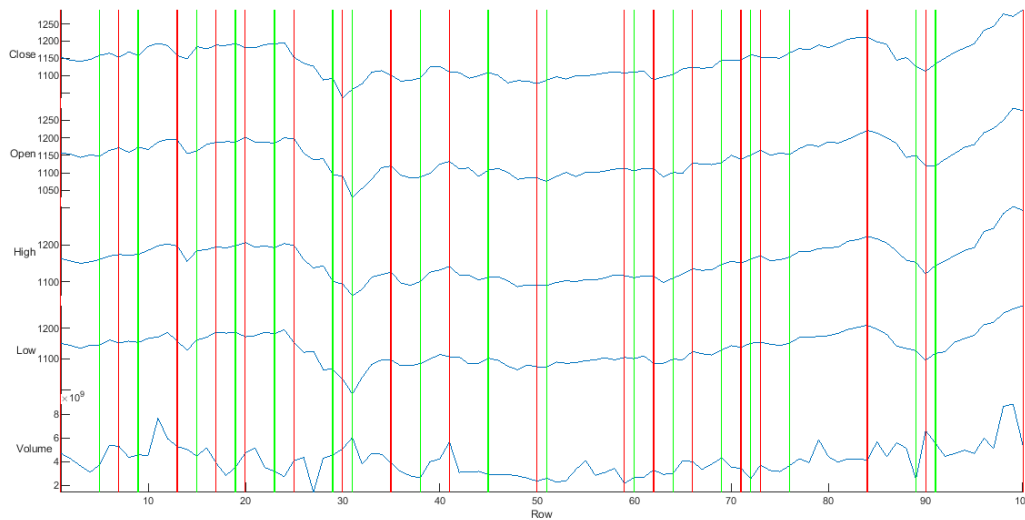


Figure 3. XU100 graphical representation of 100-day buy/sell points (Green: buy, Red: sell).

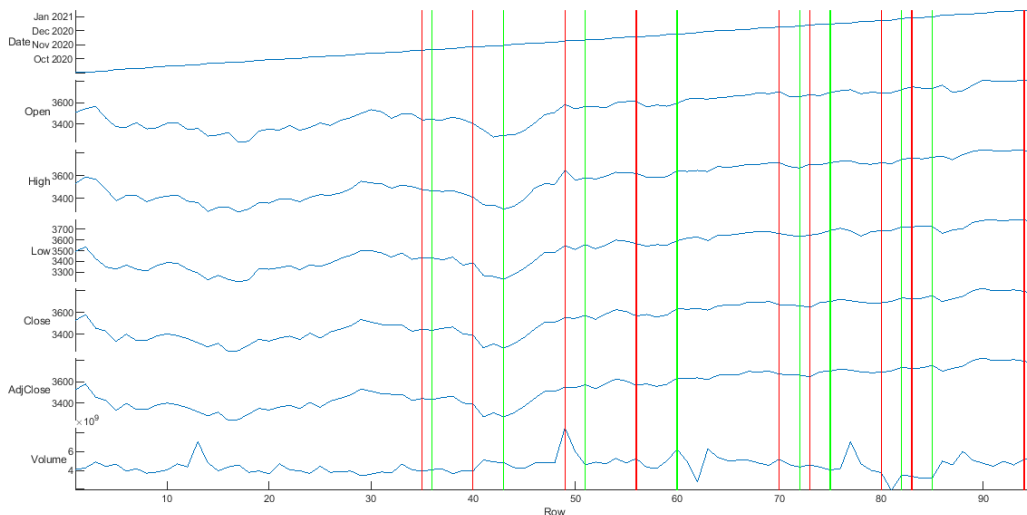


Figure 4. ^GSPC graphical representation with buy/sell points (Green: buy, Red: sell).

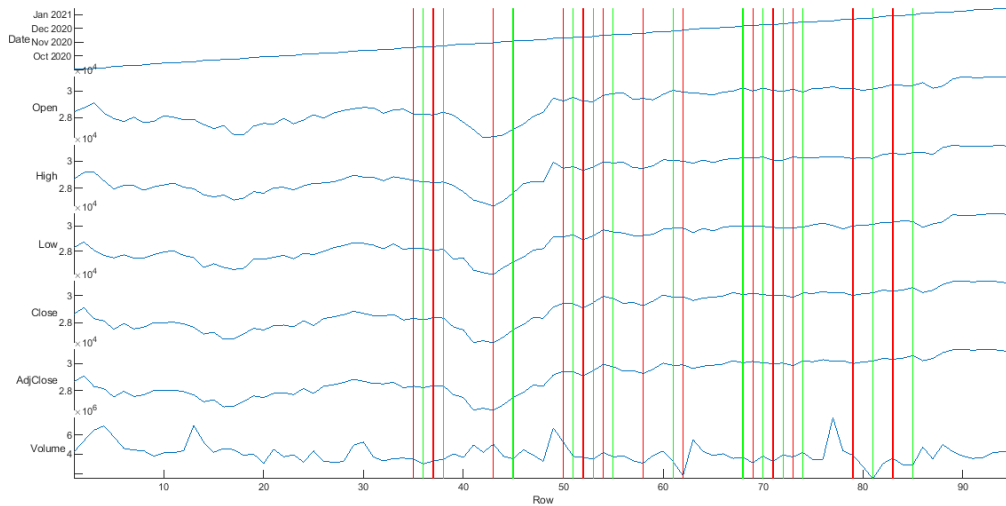


Figure 5. ^DJI graphical representation with buy/sell points (Green: buy, Red: sell).

Buy/sell signals are generated for all decision mechanisms when the output is changed from - (minus) to + (plus) or vice versa. Determined buy and sell points are shown with the green (buy) and red (sell) vertical lines in Fig. 3, 4, and 5 for all test data. Then, the closing price in the sell signal is subtracted from the closing price in the buy signal. Finally, the total profit/loss is determined by using (10) - (14) given below. Unit stock market data price is used for calculating the profit, and the total profit is calculated by adding the profits obtained by trading with the unit price. In the calculations, the first buy decision and the last sell decision are not taken into consideration.

$$J_n = \begin{cases} \text{Buy} & \text{if } I_n > 0, \text{ else if } I_{n-1} < 0 \\ \text{Sell} & \text{if } I_n < 0, \text{ else if } I_{n-1} > 0 \end{cases} \quad (10)$$

$$K_n = \begin{cases} C_n & \text{if } J_n == \text{"Buy"} \\ K_{n-1} & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$

$$L_n = \{C_n \text{ if } J_n == \text{"Sell"} \quad (12)$$

$$M_n = \{L_n - K_n \text{ if } J_n \neq "" \quad (13)$$

$$N = \text{SUM}(N_x: N_y) \quad (14)$$

- C: Close price
- I: Output (Fuzzy, MACD, CMF)
- J: Buy/Sell decision
- K: Buy price
- L: Sell price
- M: Profit
- N: Total Profit
- n: Column number
- x: start of profit calculation
- y: end of profit calculation

The comparison of the calculated total profits is given in Table 2 for all test data.

Table 2. The total profit comparison

	Fuzzy	MACD	CMF
XU100	856.36	678.43	625.65
^DJI	16523.26	9748.31	7001.61
^GSPC	1075.47	937.29	689.37

As it is seen from Table 2, for XU100 stock market data, the proposed fuzzy decision mechanism provides 26.23% and 36.88% higher profit than the decision strategies based on either MACD or CMF indicators, respectively. When the results for ^DJI market data are considered, the fuzzy decision mechanism has the best performance by providing 69.50% and 135.99% higher profit than the decision strategies based on either MACD or CMF indicators, respectively. Similarly, when the performances are evaluated for ^GSPC market data, the proposed fuzzy decision mechanism provides 14.74% higher profit than the decision strategy based on MACD indicator and 56.01% higher profit than the decision strategy based on CMF indicator.

5. Conclusions

This study presents a new decision mechanism based on the fuzzy inference approach for stock market trading applications. The proposed fuzzy decision mechanism uses three popular indicators as inputs which are MACD, CMF, and SO to provide instant buy/sell decisions. The proposed fuzzy decision mechanism is tested on XU100, ^DJI, and ^GSPC stock market index data. The results clearly show that the proposed mechanism provides higher profit than the decision strategies using either MACD or CMF indicators alone.

The structure of the proposed decision mechanism is simple and straightforward. Therefore it can easily be used for other stock market index data. Higher performance can be obtained for different stock market index data by tuning the membership functions of the proposed mechanism. Additionally, the proposed decision mechanism can easily be combined with the existing time series prediction algorithms to provide long term buy/sell decisions.

In future studies, it is aimed to carry out optimization studies for the proposed decision mechanism in order to increase the performance of the mechanism.

References

Acheme, D., Vincent, O., Folorunso, O. and Isaac, O. (2014). A predictive stock market technical analysis using fuzzy logic,

- Computer and Information Science 7. doi: 10.5539/cis.v7n3p1.
- Adebiyi, A. A., Ayo, C.K. and Otokiti S.O. (2011). Fuzzy-neural model with hybrid market indicators for stock forecasting, *Int. J. Electron. Financ.* 5 (3), 286–297. doi: 10.1504/IJEF.2011.041342.
- Altay, E. and Satman, M.H. (2005). Stock market forecasting: Artificial neural networks and linear regression comparison in an emerging market, *Journal of Financial Management and Analysis* 18(2), 18–33.
- Altunkaynak, A. (2010). A predictive model for well loss using fuzzy logic approach. *Hydrol. Process.*, 24: 2400-2404. <https://doi.org/10.1002/hyp.7642>.
- Appel, G. and Dobson, E. (2008). *Understanding MACD (Moving Average Convergence Divergence)*, Traders Press, Inc.
- Atiya, A., Talaat, N. and Shaheen, S. (1997). An efficient stock market forecasting model using neural network, in: *Proceedings of International Conference on Neural Networks*, pp. 2112–2115.
- Atsalakis, G., Protoparadakís, E. and Valavanis, K. (2015). Stock trend forecasting in turbulent market periods using neuro-fuzzy systems, *Oper Res Int J* 16, 245–269doi: 10.1007/s12351-015-0197-6.
- Avcı, E. (2007). Forecasting daily and sessional returns of the ise-100 index with neural network model, *Journal of Dogus University* 8(2), 128–142.
- Boyacioglu, M. and Avci, D. (2010). An adaptive network-based fuzzy inference system (anfis) for the prediction of stock market return: The case of the istanbul stock exchange, *Expert Systems with Applications* 37, 7908–7912. doi: 10.1016/j.eswa.2010.04.045.
- Cohen, G. (2020). Algorithmic setups for trading popular u.s. etfs, *Cogent Economics & Finance* 8 (1), 1720056. doi: 10.1080/23322039.2020.1720056.
- Gamil, A., Elfouly, R.S. and Darwish, N. (2007). Stock technical analysis using multi agent and fuzzy logic, in: *World Congress on Engineering*.
- Huang, Q., Yang, J., Feng, X., Liew, A.W. and Li, X. (2020). Automated trading point forecasting based on bicluster mining and fuzzy inference, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 28 (2), 259–272. doi: 10.1109/TFUZZ.2019.2904920.
- Lauguico, S., Concepcion II, R., Alejandrino, J., Macasaet, D., Tobias, R.R., Bandala, A. and Dadios, E. (2019). A fuzzy logic-based stock market trading algorithm using bollinger bands, in: *2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, pp. 1–6. doi: 10.1109/HNICEM48295.2019.9072734.
- Mamdani, E. and Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, *International Journal of Man-Machine Studies* 7 (1), 1–13. doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2).
- Murphy, J.J. (1999). *Technical Analysis of the Financial Markets*, Institute of Finance, New York.
- Naranjo, R., Arroyo, J. and Santos, M. (2018). Fuzzy modeling of stock trading with fuzzy candlesticks, *Expert Systems with Applications* 93, 15–27. doi: 10.1016/j.eswa.2017.10.002.
- Rosillo, R., Fuente, D. and Brugos, José A. (2013). Technical analysis and the Spanish stock exchange: testing the RSI, MACD, momentum and stochastic rules using Spanish market companies. *Applied Economics*. 45. 1541-1550. 10.1080/00036846.2011.631894.
- Su, C.H. and Cheng, C.H. (2016). A hybrid fuzzy time series model based on anfis and integrated nonlinear feature selection method for forecasting stock, *Neurocomputing* 205, 264–273. doi: 10.1016/j.neucom.2016.03.068.
- Thomsett, M.C. (2010). *CMF-Chaikin Money Flow: Changes Anticipating Price Reversal*, FT Press.



Metamaterial-based Printed Circuit Antenna for Biomedical Applications

Dhulfiqar Ali¹, Taha A. Elwi², Serkan Ozbay^{3*}

¹Gaziantep University, Faculty of Eng., Department of Electrical and Electronics Eng., Gaziantep, Turkey (ORCID: 0000-0002-2742-4511), thualfegar@gmail.com

²Al-Ma'moon University College, Communication Engineering Department, Baghdad, Iraq (ORCID: 0000-0002-8389-5457), taelwi82@gmail.com

^{3*}Gaziantep University, Faculty of Eng., Department of Electrical and Electronics Eng., Gaziantep, Turkey (ORCID: 0000-0001-5973-8243), sozbay@gantep.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI:10.31590/ejosat.950318)

ATIF/REFERENCE: Ali, D., Elwi, T. A., Ozbay, S., (2021). Metamaterial-based Printed Circuit Antenna for Biomedical Applications. *European Journal of Science and Technology*, (26), 12-15.

Abstract

Due to the rapid increase for novel antenna designs to satisfy the modern wireless technologies, different techniques are proposed to improve their performance. For this purpose, this paper presents a novel technique to design a miniaturized microstrip antenna structure based on metamaterial (MTM) transmission line defected patch. The proposed antenna is introduced as part of wearable systems with minimum back radiation toward the human body. Therefore, the antenna is constructed of a closed loop linked to an interdigital capacitor to magnify the electric field fringing at the patch core. The proposed antenna when printed on a FR-4 substrate at 0.6GHz in the first mode shows S_{11} impedance matching less than -10dB. The proposed antenna performance is evaluated numerically based on CST MWS in terms of radiation pattern. A neural network is invoked to optimize the proposed antenna performance at the required frequency band. Finally, the proposed antenna performance is validated using another software package based on HFSS simulator to provide good agreement with percentage of error less than 4.4%.

Keywords:CST MWS, Neural network, Biomedical, MTM, HFSS.

Biyomedikal Uygulamalar için Metamalzeme Bazlı Baskılı Devre Anteni

Öz

Modern kablosuz teknolojileri gereksinimleri için yeni anten tasarımlarının hızla artması nedeniyle, performans iyileştirme adına farklı teknikler önerilmektedir. Bu amaçla, bu makale, metamalzeme (MTM) tabanlı minyatür bir mikroşerit anten yapısı tasarlamak için yeni bir teknik sunmaktadır. Önerilen anten, insan vücuduna doğru minimum geri radyasyonla giyilebilir sistemlerin bir parçası olarak önerilmektedir. Bu nedenle anten, yama çekirdeğindeki elektrik alanı saçaklarını büyütme için bir inter dijital kapasitör ile bağlantılı kapalı bir döngüden yapılmıştır. Önerilen anten, birinci modda 0.6GHz'de bir FR-4 substratı üzerine basıldığında, -10dB'den daha az S_{11} empedans eşleşmesini gösterir. Önerilen anten performansı, radyasyon modeli açısından CST MWS'ye dayalı olarak sayısal olarak değerlendirilmiştir. Önerilen anten performansını gerekli frekans bandında optimize etmek için bir sinir ağı oluşturulmuştur. Son olarak, önerilen anten performansı, %4,4'ten daha az hata yüzdesi ile iyi bir uyum sağlamış ve bu değerler HFSS simülatörüne dayalı başka bir yazılım paketi kullanılarak doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: CST MWS, Sinir ağı, Biyomedikal, MTM, HFSS.

*Corresponding Author: sozbay@gantep.edu.tr

1. Introduction

Metamaterials (MTM) were first proposed by Viktor Veselago in 1967 [1]. Artificial materials with nontraditional properties [2] may be used to characterize such structures. Negative permittivity and negative permeability are properties of these materials that enable electromagnetic waves to propagate backwards [3]. Pendry [4] proposed an interesting subwavelength feature that was realized as a split ring resonator (SRR) in 1999 to achieve negative permeability. SRR is essentially an LC circuit tank with equal inductance (L) and capacitance (C) between two concentric rings resonating at a particular frequency [4]. The changes in scattering parameters (S-parameters) with respect to the introduction of a sample under test (SUT) can be transferred via a certain algorithm to retrieve the materials characterizations in this step. Microwave sensing is a proven tool for liquid characterization that has been used for over a decade [5]. Researchers have been involved in SRRs [6], complementary SRRs (CSRRs) [3], open CSRRs (OCSRRs) [4], closed ring resonator [5], and other miniaturized microwave resonators [6] based on transmission lines for biomedical applications [6]. The electromagnetic properties of these structures are affected by the frequency at which they operate and how the consistency factor varies with different liquid introductions [7]. Liquid characterizations can be discussed by calculating S-parameter coefficients and complex dielectric parameters of SUT [8]. This has offered the biological, pharmaceutical, and fuel industries a new sensing network [9]. The vast majority of microwave biological sensors are installed in ultra-thin cylindrical pipes [10] or slotted cylindrical tubes [11]. Materials under test losses can be extracted for quality detection by measuring S-parameter magnitudes at a specific frequency [12]. However, due to the problem of skin depth penetration, such technology has been found to be a major concern in the resolution of high-losses [13].

In this paper, a novel antenna design is suggested for biomedical applications based on a single port antenna element and MTM transmission line structure is proposed. The MTM is made up of a closed loop ring and an interdigital capacitor framework. The proposed structure is described in Section 2 with all geometrical descriptions. The parametric research and the analysis process are also discussed in Section 2. In Section 3, the antenna results are discussed. Finally the paper is concluded in Section 4.

2. Material and Method

2.1. Antenna Design Details

The proposed antenna is mounted on a FR-4 substrate with a thickness of $h=1.6$ mm and a dielectric constant of $\epsilon_r=4.3$ and a loss tangent of $\tan\delta=0.025$. The copper metal is $35 \mu\text{m}$. The planned antenna has a $30 \times 30 \text{ mm}^2$ footprint. The antenna is fed by a 50Ω microstrip transmission line with a width of 7.25mm and a length of 1.5mm that is extended to touch the patch and attached directly to the radiating structure. Figure 1 depicts the proposed antenna architecture in details. Table 1 contains all of the geometrical aspects of Figure 1.

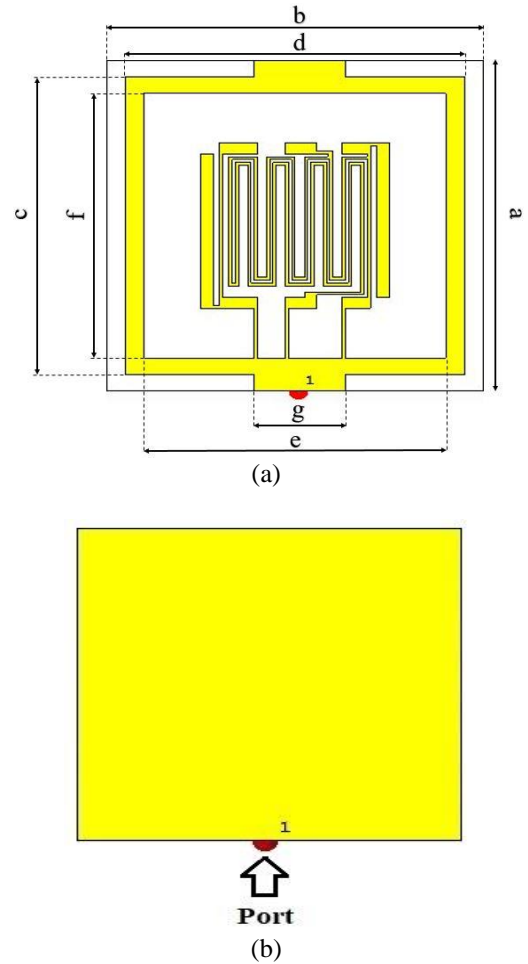


Figure 1. Antenna design: (a) Front view and (b) Back view.

Table 1. Geometrical details of the proposed antenna.

Parameter	Value (mm)
A	30
B	30
C	27
D	27
E	24
F	24
G	7.25

2.2. Antenna Optimization Study

The proposed antenna dimensions are parametrically studied after invoking a neural network architecture. In this network, a knowledge-based hybrid neural network (KBHNN) model is for designing of microstrip antennas which is used for ISM band applications. In Figure 2, a synthesis model is defined as to obtain dimensions (W, L) of the antenna while providing the resonant frequency (f_r), height of the dielectric substrate (h), quality factor (Q), bandwidth (B.W), and return loss spectra (S_{11}) at the input of the ANN model.

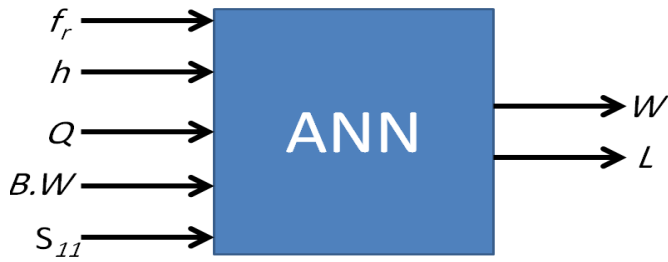


Figure 2. The synthesis of microstrip patch using ANN model.

It's worth noting that neural network models are extremely versatile methods for designing highly nonlinear devices. In our case, we used a neural network model to calculate the proposed patch's key dimensions, including the distance between internal dimension data. Bandwidth (B.W), resonant frequency (f_r), gain (G), quality factor (Q), and S11 magnitude have all been used as input to the model. As shown in Figure 3, the network architecture consists of one hidden layer and two neurons in the output layer.

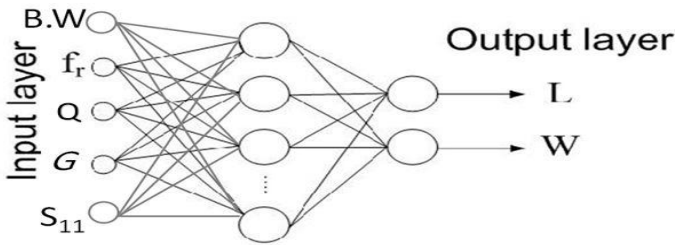


Figure 3. Architecture of neural network model.

As training data for the proposed ANN, about 50 samples are collected by varying the dimensions of the proposed microstrip patch antenna using the CST MWS software package [14], as shown in Table 2. As will be shown later, this information is used to synthesis a patch antenna.

Table 2. Input antenna performance.

L/mm	W/mm	f_r /GHz	S ₁₁ /dB	G/ dB	Q/ %	B.W/MHz
70	63	0.1091	24.5	0.1091	12	10
69	62	0.112	22.1	0.112	11	10
68	61	0.115	22.4	0.115	11	11
67	60	0.106	23.1	0.106	12	12
66	59	0.115	24.7	0.115	15	11
65	58	0.111	23.9	0.111	22	9
64	57	0.123	26.9	0.123	9	10
63	56	0.193	28.1	0.193	8	11
62	55	0.191	28.4	0.191	21	12
61	54	0.103	22.8	0.103	31	11
60	53	0.109	22.3	0.109	9	11
59	52	0.108	25.3	0.108	12	7
58	51	0.121	27.2	0.121	11	9
57	50	0.111	22.9	0.111	13	8
56	49	0.156	26.3	0.156	17	9
55	48	0.116	23.1	0.116	15	5
54	47	0.182	22.9	0.182	10	6
53	46	0.174	23.0	0.174	9	4
52	45	0.091	23.1	0.091	16	10
51	44	0.098	23.1	0.098	13	11
50	43	0.092	23.9	0.092	10	13

49	42	0.109	24.1	0.109	11	9
48	41	0.106	23.9	0.106	12	10
47	40	0.110	22.4	0.110	11	11
46	39	0.122	22.4	0.122	7	4
45	38	0.133	27.3	0.133	7	7
44	37	0.124	27.9	0.124	9	5
43	36	0.111	24.1	0.111	11	10
42	35	0.110	27.8	0.110	13	4
41	34	0.113	27.4	0.113	12	7
40	33	0.091	26.3	0.091	10	10
39	32	0.094	25.6	0.094	7	6
38	31	0.092	26.1	0.092	11	8
37	30	0.109	25.3	0.109	9	4
36	29	0.101	25.9	0.101	7	6
35	28	0.105	25.2	0.105	12	2
34	27	0.189	24.2	0.189	11	12
33	26	0.188	23.4	0.188	10	11
32	25	0.177	24.4	0.177	9	7
31	24	0.109	27.8	0.109	12	6
30	23	0.110	27.3	0.110	11	2
29	22	0.112	27.0	0.112	9	4
28	21	0.195	24.9	0.195	4	8
27	20	0.196	25.2	0.196	5	9
26	19	0.179	25.1	0.179	8	5

The ANN training loss results for the proposed microstrip patch antenna synthesis is shown in Figure 4. It shows that 100 epochs are required for ANN training loss to get reduced from 100 to nearly 10^{-2} .

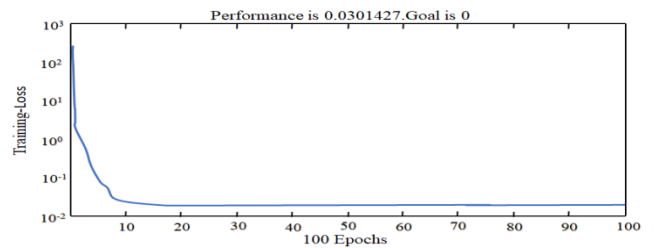


Figure 4. ANN training results for synthesis of microstrip patch antenna.

3. Results and Discussion

The proposed neural network model is applied for given $f_r = 0.63$ GHz with $|S_{11}|=16$ dB and a bandwidth of 0.6GHz to 0.65GHz with $G = 1.5$ dB. The antenna dimensions obtained through the network simulation model are summarized in Table 3. It is seen that when the percentage errors are calculated and compared to the simulated ones, it seems there is a very good fit corresponding to 0.044 percent error. Therefore, according to the obtained dimensions, the proposed antenna performance is validated in another software package of HFSS simulator [15]. The simulated results from both software packages show excellent agreement as seen in Figure 5 for the S₁₁ and gain spectra.

Table 3. Obtained antenna dimensions from CST MWS and HFSS with respect to ANN model.

Dimension/ mm	CST	HFSS	ANN	Error
L	30	30.5	31.3	0.044
W	24	23.4	22.9	0.041

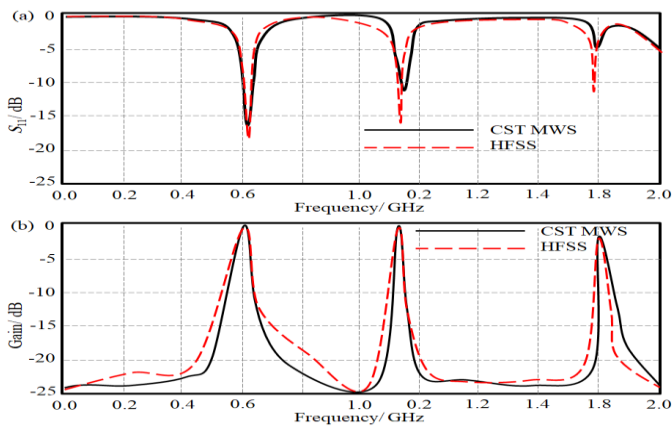


Figure 5. Validated results: (a) S_{11} and (b) gain spectra.

3. Conclusions and Recommendations

A design of a microstrip antenna is proposed based on MTM. The proposed antenna is designed to show a frequency resonance at 0.63 GHz with $|S_{11}|=16\text{dB}$ and a bandwidth of 0.6GHz to 0.65GHz with $G = 1.5\text{dBi}$. Therefore, a neural network is proposed and parametric study is invoked based on CST MWS. The obtained results from CST MWS are used as training data to optimize the antenna dimensions at the desired performance. The antenna dimensions are calculated based on the proposed neural network. The obtained design performances are validated numerically using HFSS simulator. It is believed that the neural network models could be the alternative candidate for antenna design to avoid complex and long lasting computations.

References

- [1] Mahmood, S.N., Ishak, A.J., Saeidi, T., Soh, A.C., Jalal, A., Imran, M.A., Abbasi, Q.H. (2021) Full ground ultra-wideband wearable textile antenna for breast cancer and wireless body area network applications. *Micromachines*, 12, 322. <https://doi.org/10.3390/mi12030322>.
- [2] Ali, J.K., Ahmed, E.S. (2012) A new fractal based printed slot antenna for dual band wireless communication applications. in *Proc. Progress in Electromagnetics Research Symp.*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- [3] Ali, J., Abdulkareem, S., Hammoodi, A., Salim, A., Yassen, M., Hussan, M., & Al-Rizzo, H. (2016) Cantor fractal-based printed slot antenna for dual-band wireless applications. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, 8(2), 263-270.
- [4] Elwi, T. A. (2019) Printed microwave metamaterial-antenna circuitries on nickel oxide polymerized palm fiber substrates. *Sci. Rep.*, Vol. 9, No. 2174, 1–14.
- [5] Elwi, T. A. (2019) Novel UWB printed metamaterial microstrip antenna based organic substrates for RF-energy harvesting applications. *International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 101, No. 9, 1–10.
- [6] Elwi, T. A. and B. A. Ahmed (2018) A fractal metamaterial based printed dipoles on a nickel oxide polymer palm fiber substrate for Wi-Fi applications. *International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 96, No. 23, 122–129.
- [7] Hatem, G. M., A. J. Salim, T. A. Elwi, et al. (2019) Wunderlich curve fractal dipole antenna for dualband wearable RFID applications. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 14, No. 4, 1093–1099.
- [8] Elwi, T. A., A. I. Imran, and Y. Alnaiemy (2015) A miniaturized lotus shaped microstrip antenna loaded with EBG structures for high gain-bandwidth product applications. *Progress in Electromagnetics Research C*, Vol. 60, 157–167.
- [9] Elwi, T. A. (2018) A slotted lotus-shaped microstrip antenna based EBG structures. *Wireless Communication Technology*, Vol. 2, No. 1, 1–24.
- [10] Imran, A. I. and T. A. Elwi (2017) A cylindrical wideband slotted patch antenna loaded with frequency selective surface for MRI applications. *Eng. Sci. & Tech., an Int. Jou.*, Vol. 20, No. 3, 990–996.
- [11] Elwi, T. A., Z. A. Al-Hussain, and Tawfeeq O.A. (2019) Hilbert metamaterial printed antenna based on organic substrates for energy harvesting. *IET Micr., Ant. & Prop.*, Vol. 10, No. 2, 1–8.
- [12] Elwi, T. A., D. A. Jassim, and H. H. Mohammed (2020) Novel miniaturized folded UWB microstrip antenna-based metamaterial for RF energy harvesting. *Int. J. Commun. Syst.*, Vol. 1, No. e4305, 1–15.
- [13] Elwi, T. A. (2017) Electromagnetic band gap structures based an ultra-wideband microstrip antenna. *Microwave and Optical Letters*, 59(4), 827–834.
- [14] CST Microwave Studio (CST MWS). (2020) <http://www.cst.com>.
- [15] High Frequency Structure Simulator (HFSS). (2020) <http://www.ansoft.com>.



Non-Contact Micromanipulation of a Single *E. Coli* Minicell

Jiyan Sürer¹, Ahmet Fatih Tabak^{2*}

¹ Kadir Has University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Computer Engineering, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3388-7843),
20181701031@stu.khas.edu.tr

^{2*} Kadir Has University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechatronics Engineering, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3311-6942),
ahmetfatih.tabak@khas.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.944340)

ATIF/REFERENCE: Tabak, A. F. & Sürer, J. (2021). Magnetic Non-Contact Micromanipulation of a Single *E. Coli* Minicell. *European Journal of Science and Technology*, (26), 16-21.

Abstract

Today, a variety of methods are available for micro-scale transportation without inflicting damage on biological samples. There are several numerical and experimental studies in the literature that make use of microrobots to manipulate particles in non-contact performances. One of the applications used to mitigate the aforementioned risk is non-contact micro manipulation by hydrodynamic effects, and with the micro-objects floating around the core of a free vortex this method can be implemented effectively. However, a robotic model predicting the dynamics of such microsystems is rare in the literature and yet to be applied for manipulation of a bacterium. In this paper, a single magnetic particle that is assumed to be held in a fixed place while rotated by an external magnetic field, and an *E. Coli* minicell swimming in the free vortex induced by the described rotation. The mathematical model and the numerical simulations presented here via linear set of equations for rigid body-motion under the magnetic and hydrodynamic forces are built in cylindrical coordinates. Results demonstrate the numerical stability of the robotic model along with predicted-motion pointing to a steady periodic orbit around the vortex center for a total of 600 periods of simulated magnetic field rotation. Results to the numerical experiments are focused on the rigid-body rotation of *E. Coli* minicell, the propulsive force of the rotating helical tail of the bacterium, and acceleration, speed, and displacement of the bacterium with respect to the center of the vortex.

Keywords: Biomedical micro-robotics, *E. Coli* Minicell, Micromanipulation, Rigid-body motion.

Tek Bir *E. Coli* Minicell'in Temassız Mikromanipülasyonu

Öz

Biyolojik numunelerin üzerinde yapısal zarar vermeden çalışılması için günümüzde çeşitli mikro robotik yöntemler mevcuttur. Literatürde, bir mikro parçacığı çeşitli yöntemler ile manipüle etmek için mikrorobotları kullanan nümerik ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Yapısal zarar görme riskini ortadan kaldıran yöntemlerden biri de hidrodinamik temassız mikro manipülasyondur. Bu yöntem, bir serbest girdap merkezi etrafında yüzen mikro parçacıkların manipülasyonuna dayanmaktadır. Ancak, halihazırda bakterilerin hidrodinamik kuvvetler yardımı ile temassız manipülasyonunu açıklamak için literatürde bir robotik model sunulmamıştır. Burada, manyetik alanlar tarafından döndürülürken sabit tutulabilen bir manyetik parçacık ve oluşan girdap akışı içerisinde yüzen bir *E. Coli* Minicell bakterisinin katı cisim davranışları çalışılmıştır. Tüm matematiksel model, silindirik koordinatlarda inşa edilmiştir. Simülasyon sonuçları, toplam 600 periyot manyetik alan dönüşü boyunca bakteri hücresi için girdap merkezi etrafında stabil ve periyodik bir yörünge öngörmüştür. Sunulan sonuçlar, bakterinin itki kuvveti ile katı cisim hareketi üzerine yoğunlaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyomedikal mikro robotik, *E. Coli* Minicell, Mikro manipülasyon, Katı cisim hareketi.

* Corresponding Author: ahmetfatih.tabak@khas.edu.tr

1. Introduction

Development of biomedical micro robotic applications is an ever-growing research field (Sitti et al., 2015). It is very difficult to apply and control force in the micro world, in this particular case to manipulate cells without exerting excessive mechanical stress. However, with the development of microtechnology and motion control, new methods have emerged. This is where rotating micro robots play an important role. Working principle of rotational microrobot is to capture and manipulate the particle by creating a vortex in the microfluidic environment. Such microrobots allow for precise sorting and characterization of micro-scale objects, such as cells, on individual level along with automatized elaborate operations (Ger et al., 2013; Paris et al., 2018; 2021). Spiral-shaped micro swimmers, i.e., bacteria-like geometries, can find the shortest path to the target with specialized algorithms such as optimum bi-directional round-trip time (Liu et al., 2020). Actuation of such micro swimmers include the utilization of reconfigurable micro-system via magnetic fields (Diller et al., 2011) and, since their environment of performance is aqueous, the overall rigid-body motion of such robots can be controlled by programming the magnetic potential energy distribution spatially and temporally (Shahrokhi et al., 2017; Dong and Sitti, 2020).

Micro-manipulation of cells can be a breakthrough in the medical field. Immersed micro-objects can be caught via the flow field of swimming micro robots to realize noncontact micromanipulation (Piat and Gauthier, 2002; Cecil et al., 2005; Khalil et al., 2020). For instance, due to angular momentum of light and its implementation in optical micromanipulation, light of certain wavelengths can cause the trapped material to spin (Volke-Sepúlveda, 2005). Based experimental studies, optical tweezers are known to be capable of various cell manipulations (Liang et al., 2010). Additionally, due to the force balance on the volume of interest, multiple particles might tend to form spatial arrangements when captured via optical or acoustic tweezers (Nogawa et al., 2011; Gong and Baudoin, 2020) that helps manipulation and manufacturing of microrobots. However, biological samples could be damaged by heat or light (Ye and Sitti, 2014), therefore, there exist experiments in the literature showcasing the local manipulation of some bacterial species with the help of a rotating magnetic fields (Ye and Sitti, 2014). Based on the flow of moving micro vortices, it is possible to manipulate nearby particles (Petit et al., 2012). With the help of vortices created by the controlled rotation of micro robots (Peyer et al., 2011; Huang et al., 2014), particles can be gently captured and manipulated. In previous work, the free vortex flow field, caused by spinning magnetic particulate matter, is used to form curved streamlines that are modeled with the help of energy conservation and the Magnus effect indirectly applied in the equation of motion (Sürer and Tabak, 2021).

There are other methods and applications of micro manipulation. Research shows that automation of the motion of specialized microrobots is possible even with the presence of obstacles in liquid medium (Charreyron et al. 2015). Also, it was demonstrated that *Enterobacter aerogenes* can be efficiently captured and manipulated via electric field for manipulation (Mishra et al., 2016). The gait of a helical natural swimmer or microrobot can be predicted and or controlled in three dimensions based on the low Reynolds number swimming conditions (Erman and Tabak, 2014; Qiu et al., 2014; Oulmas, 2018). Finally, microrobots can be used to tow chemicals and

material, although cannot strictly be classified as non-contact (Behkam and Sitti, 2006; Martel and Mohammadi, 2010; de Lanauze et al., 2013).

The main aim in this study is to capture and manipulate a bacterium instead of the normal inorganic particle. It has already been numerically shown in the literature that it is possible to interfere with the swimming trajectory of a *E. Coli* Minicell (Tabak, 2020a). In the previous study, the hydrodynamic forces exerted on a spherical particle along with the ensuing rigid-body motion was investigated (Sürer and Tabak, 2021). In this paper, the main objective is to further extend the micro robotic model and showcase its numerical stability. Therefore, the rigid-body motion of a *E. Coli* Minicell is studied while captured and forced through a circular orbit via a free vortex that is magnetically induced in an aqueous medium *in vitro*. Simulations are carried out in MATLAB environment.

2. Material and Method

The mathematical model of the previous study (Sürer and Tabak, 2021) forms the basis to construct the equation of motion of the micro manipulation system studied here. In this particular study, there is one magnetic particle that is being held in a fixed location while being rotated via an external field and there is a single bacterium cell, *E. Coli* minicell with a spherical cell body (Chattopadhyay and Wu, 2009) that is most suitable for the modeling approach employed in this study, swimming in the vicinity of the free vortex core. Figure 1 illustrates the two aforementioned objects; the magnetic particle at the vortex center and the bacterium cell orbiting around. The bacterium cell is active and non-magnetic; thus, it experiences the propulsive force of its rotating helical tail and the drag force of the free vortex. The force balance on magnetic particle and the bacterium cell is written in cylindrical coordinates. Both particles are assumed to be neutrally buoyant and fully submerged far enough from any solid boundary for sake of simplicity (Higdon and Muldowney, 1995; Sürer and Tabak, 2021). The model, i.e., forces and rigid-body motion, presented here is constructed in the lab frame in cylindrical coordinates.

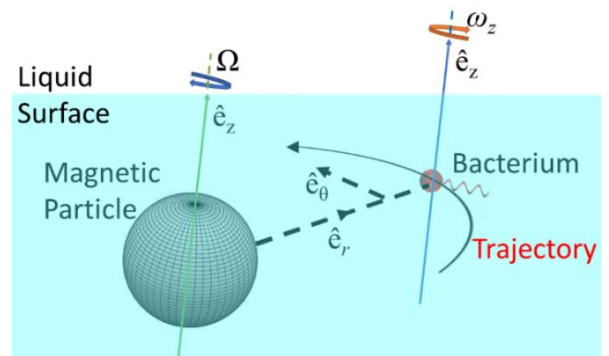


Figure 1: Magnetic particle and bacterium cell submerged in a large liquid bath. The magnetic particle being rotated by external magnetic field whereas the bacterium is trapped by the drag of the free vortex. The objects are not illustrated to scale.

The angular acceleration of the magnetic particle at the vortex core, with magnetic torque and drag torque, is given as:

$$J \frac{d\Omega}{dt} = (\mathbf{m} \times \mathfrak{R}\mathbf{B}) - 8\pi\mu R^3\Omega. \quad (1)$$

with \mathbf{m} denoting the magnetization vector of the particle with the magnetic properties that of a N52-grade Neodymium magnet (Dong et al., 2019) along the direction of $[1 \ 0 \ 0]^T$. The magnetic

field, \mathbf{B} , is given as $\mathbf{B} = [20 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) \ -20 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) \ 0]^T$ mT with $f = 1$ Hz for the rotation rate of the field. Furthermore, J , R , and μ stand for the moment of inertia and the radius of the spherical magnetic particle, dynamic viscosity of aqueous medium, respectively. Rotation rate of the magnetic particle at the vortex core is signified by Ω . Finally, \mathfrak{R} takes care of the rotation from lab frame to the inertial frame of the rotating magnetic particle.

The bacterium cell will exhibit six degrees of freedom motion when captured, three of which can simply be represented as the rigid-body translation in the lab frame whereas the rest will be rigid-body rotation in its inertial frame that is given by cylindrical coordinates (Figure 2). Furthermore, all six can be represented by a set of matrix equations. The rigid-body translation will be under the influence of the vortex-induced radial force, due to resultant pressure difference (Sürer and Tabak, 2021), the azimuthal drag of the flow field induced by the rotating magnetic particle (Sürer and Tabak, 2021) modeled based on Bernoulli equation across the streamlines (Munson et al., 2005), and the thrust force of the rotating helical tail vertically in all directions (Tabak, 2020a). Likewise, the rigid-body rotation will occur based on the shear of the free vortex and the propulsive torque of the rotating helical tail (Tabak, 2020a). It is worth mentioning that all resultant rigid-body velocities will be met with inertial and shear resistance.

Thus, the equation of motion for the bacteria is given as:

$$m \begin{bmatrix} a_r \\ a_\theta \\ a_z \end{bmatrix} = \left\{ -6\pi\mu a u_r - \pi a^2 \rho \int_{r_p-a}^{r_p+a} \frac{\left(\frac{\Omega R^2}{r} - \omega_z (r-r_p) \right)^2}{r} dr \right\} \hat{e}_r - 6\pi\mu a (u_\theta - v_\theta) \hat{e}_\theta + \mathbf{F}_p, \quad (3)$$

and

$$j \begin{bmatrix} \alpha_r \\ \alpha_\theta \\ \alpha_z \end{bmatrix} = (-8\pi\mu R^2 \Omega a - 8\pi\mu a^3 \omega) \hat{e}_z + \mathbf{T}_p. \quad (4)$$

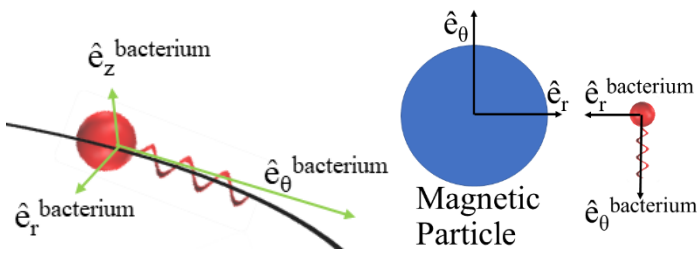


Figure 2: Depiction of the inertial frame of *E. Coli* minicell expressed in cylindrical coordinates (left); orientation of the inertial frames in the lab at $t = 0$ s (right).

Here, a signifies the radius of the *E. Coli* minicell as m and j stand for its mass and moment of inertia, respectively. For sake of simplicity, the moment of inertia of the rotating helical tail is omitted. Also, v_θ denotes the local azimuthal flow velocity in a proximity of r_p to the core whereas u_r and u_θ are the radial and azimuthal rigid-body velocities of the bacterium captured by the free vortex. Finally, ω_z is the integral of α_z .

The propulsive force and torque contribution of the rotating helical tail, \mathbf{F}_p and \mathbf{T}_p as given above, are modeled as (Tabak, 2020a; 2020b):

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{T}_p \end{bmatrix} = \mathbf{M}_{tail} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega_{tail} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Here, \mathbf{M}_{tail} is the full 6×6 matrix of fluid-drag based on resistive force theory (Keller and Rubinow, 1976; Tabak, 2020a; 2020b) mapping the fluid resistance to the screw-like tail rotation, ω_{tail} , onto the main axes in the inertial frame of the *E. Coli* minicell represented in cylindrical coordinates. It is important to acknowledge that Euler angle representation (Spong et al., 2005) is summoned to find the instantaneous orientation of the bacterium cell with respect to the vortex core that is made use of to find the instantaneous position in the lab frame.

3. Results and Discussion

In this particular simulation study, the magnetic particle at the core of the free vortex is $200 \mu\text{m}$ in diameter whereas the diameter of the *E. Coli Minicell* is $0.41 \mu\text{m}$ (Chattopadhyay and Wu, 2009) and it is initially placed $110 \mu\text{m}$ away from the center of the vortex core looking in negative radial direction in the lab frame as depicted in Figure 2 (right). Simulation results not only demonstrate the dynamics of the manipulated bacterium but also the stability of the mathematical model presented here via a long run for a total of 600 seconds in real-time. The rigid-body motion is studied along the r - θ -plane for neutrally buoyant particle and bacterium. All results are obtained with the help of MATLAB 2020a and presented in the lab frame, i.e. $[\hat{e}_r \ \hat{e}_\theta \ \hat{e}_z]^T$.

Figure 3 demonstrates the radial and azimuthal propulsive force components induced by the rotating helical tail of the bacterium cell. Extrema of both components are in the order of $O(-13)$ and oscillate around zero. Also, Figure 4 gives the radial pressure force exerted on the body of the bacterium, which is predicted by Bernoulli's equations (Sürer and Tabak, 2021; Munson et al., 2005) on the radial direction, and the azimuthal drag force of the free vortex acting, again, on the body of the bacterium. The pressure force is oscillating with an apparent negative mean, as expected, and in the order of $O(-19)$. On the other hand, the azimuthal drag on the bacterium is oscillating with a negative mean on the order of $O(-13)$ thus overcoming the propulsive force as will be evident.

Figure 5 represents a comparison of the said force components over 10 seconds in real-time. The rotation rate of *E. Coli* Minicell is 78 Hz (Chattopadhyay and Wu, 2009). Furthermore, the bacterium exhibits complex rigid-body rotations (Tabak, 2018). As a result, components of the propulsive force are found to be highly nonlinear. On the other hand, the main component of the oscillation in drag and pressure forces of the free vortex due to step-out phenomenon (Sürer and Tabak, 2021), as visualized in Figure 5. Finally, the higher order component in the rigid-body z -rotation of the bacterium happens to be the combined result of the shear of the azimuthal stream and the propulsive torque on the body.

Figure 6 depicts the radial acceleration, velocity, and displacement of the bacterium with respect to the vortex core. The rigid-body displacement exhibits an oscillatory behavior with the order of $O(-5)$; therefore, arguably following a stable orbit around the rotating magnetic particle. Although the instantaneous radial velocity is observed to be higher than one

body length per unit time; however, the radial proximity is found to be almost steady periodic.

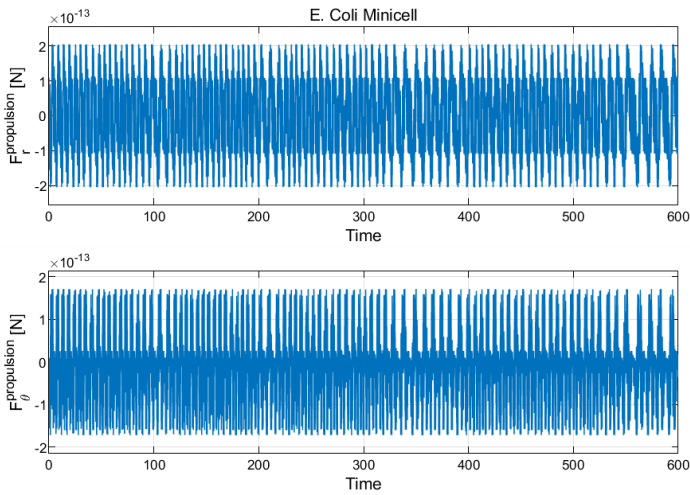


Figure 3: Propulsive force of the rotating helical tail along radial (top) and azimuthal (bottom) directions.

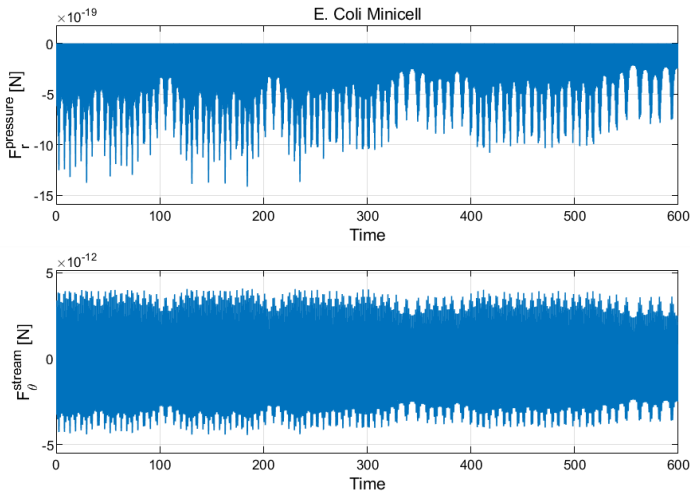


Figure 4: Radial (pressure, top) and azimuthal (stream, bottom) force of the free vortex on the *E. Coli* micicell.

Figure 7 demonstrates the rigid-body motion of bacterium in the azimuthal direction around the vortex core. The net displacement in 600 seconds is on the order of $O(-1)$, thus the model predicts that the bacterium is coerced to orbit the vortex core several times per unit time. In the meantime, the azimuthal velocity oscillates with the order of $O(-4)$.

Figure 8 demonstrates the total rigid-body rotation of the magnetic particle at the vortex core and the total rigid-body rotation of the bacterium around the vortex core in lab frame. It can be observed that the bacterium orbits the magnetic vortex core ~ 130 times while the magnetic core itself completes ~ 160 full rotations over a time-span of 600 seconds.

Figure 9 demonstrates the lateral rigid-body rotation behavior of the bacterium in its inertial frame. The rotation rate along z-axis is affected by the shear exerted on the bacterium body by the free vortex. On the other hand, the rotation along r-axis is dominated only by the propulsive torque and opposing fluid resistance. Furthermore, the radial rotation is omissible in comparison to the z-rotation.

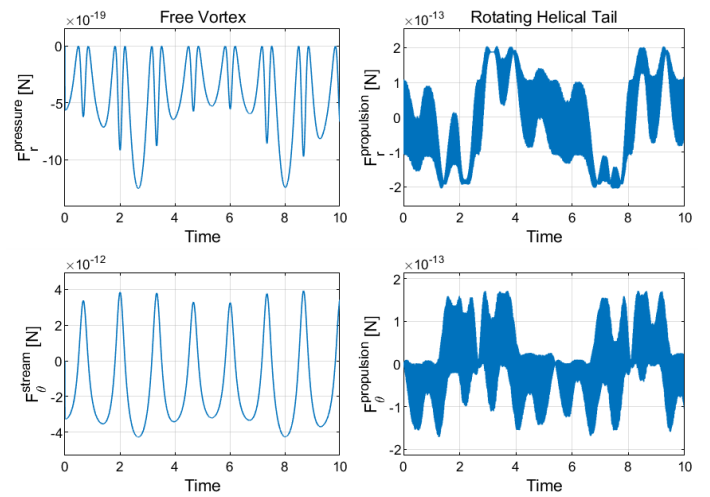


Figure 5: Comparison of force components acting on the *E. Coli* Micicell with (a) induced by free vortex (left-hand-side) and induced by rotating helical tail (right-hand-side); (b) pressure and propulsive forces acting along the radial direction (top) and drag and propulsive forces acting along the azimuthal direction (bottom).

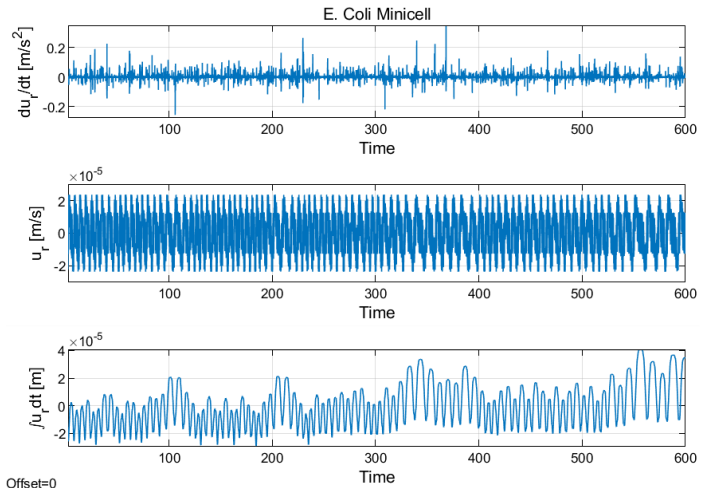


Figure 6: Radial acceleration (top), velocity (middle), and displacement (bottom) of the *E. Coli* micicell trapped by the free vortex.

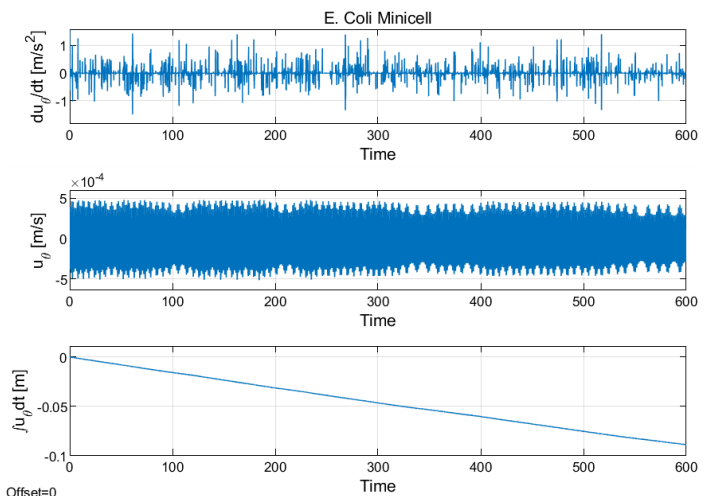


Figure 7: Azimuthal acceleration (top), velocity (middle), and displacement (bottom) of the *E. Coli* micicell trapped by the free vortex.

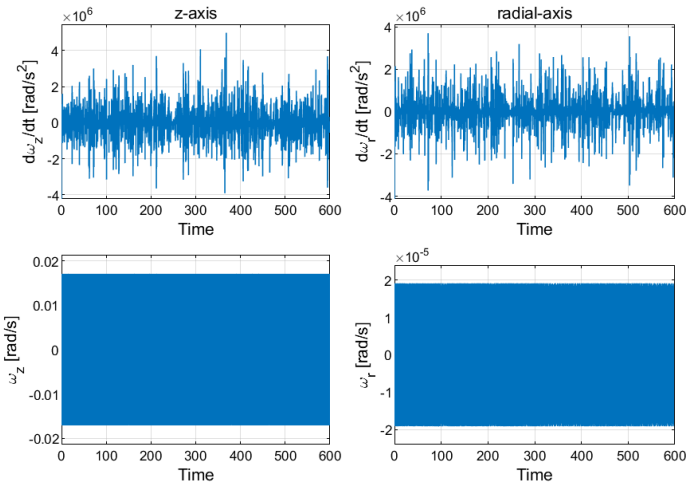


Figure 8: Lateral rigid-body rotation, acceleration (top) and velocity (left), of *E. Coli* minicell in inertial frame of the bacterium; along z-axis (left-hand-side) and along radial-axis (right-hand-side).

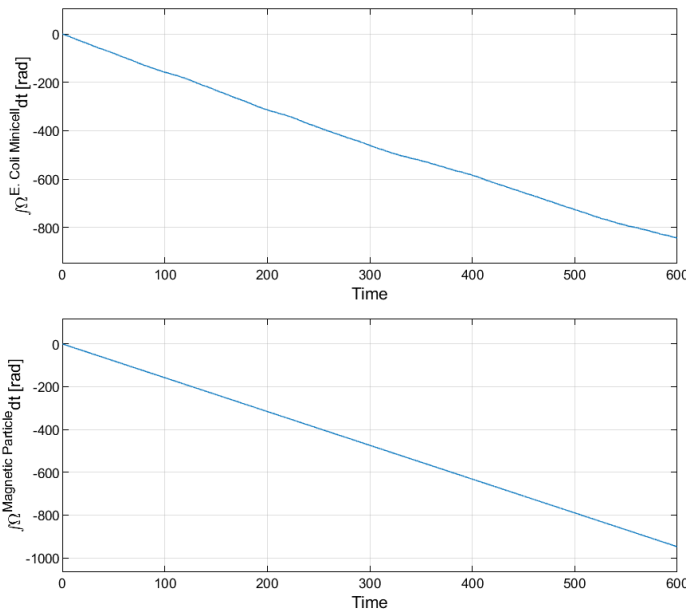


Figure 9: The total rotation of the *E. Coli* minicell around the vortex core (top) and the total rotation of the magnetic particle at the vortex core (bottom).

4. Conclusions and Recommendations

The robotic model is demonstrated to be numerically stable and the simulations predicted a steady periodic orbit around the vortex core for about 600 period of magnetic field rotation. Therefore, it is arguably possible to manipulate the motion of a live bacteria although we did not include random walks in the simulation. Thus, Brownian noise should be included in the model to study the effect of stochastic rigid-body motion. In the meantime, given that the results are presented for Newtonian flow conditions, the model should further be improved to include non-Newtonian fluids to ascertain how shear-thinning phenomenon would affect the stability of the orbit. Furthermore, the *E. Coli* Minicell did not collide with the magnetic particle avoiding the danger of getting stuck on its surface due to electrostatic effects that are not included in the model.

Addressable manipulation of a bacterium will only be possible if multiple rotating cores are employed in tandem so the superimposed effect of adjacent free vortices could be harnessed to coerce the cell to move along a relatively straight path. A matrix of rotating cores will make it possible to sort multiple bacteria based on their body size and shape owing to distinct shear drag they would experience. However, this brings out the problem of controlling multiple magnetic cores simultaneously that might dictate the requirement of a specifically tailored magnetic field and actuation system dynamics for the desired application.

References

- [1] Liu, J., Wu, X., Huang, C., Manamanchaiyaporn, L., Shang, W., Yan, X., & Xu, T. (2020). 3-D Autonomous Manipulation System of Helical Microswimmers With Online Compensation Update. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*.
- [2] Oulmas, A., Andreff, N., & Régnier, S. (2018). 3D closed-loop swimming at low Reynolds numbers. *The International Journal of Robotics Research*, 37(11), 1359-1375.
- [3] Cecil, J., Vasquez, D., & Powell, D. (2005). A review of gripping and manipulation techniques for micro-assembly applications. *International Journal of Production Research*, 43(4), 819-828.
- [4] Piat, E., & Gauthier, M. (2002). An electromagnetic micromanipulation system for single-cell manipulation. *Journal of Micromechatronics*, 2(2), 87-119.
- [5] Diller, E., Pawashe, C., Floyd, S., & Sitti, M. (2011). Assembly and disassembly of magnetic mobile micro-robots towards deterministic 2-D reconfigurable micro-systems. *The International Journal of Robotics Research*, 30(14), 1667-1680.
- [6] Sitti, M., Ceylan, H., Hu, W., Giltinan, J., Turan, M., Yim, S., & Diller, E. (2015). Biomedical applications of untethered mobile milli/microrobots. *Proceedings of the IEEE*, 103(2), 205-224.
- [7] Liang, Y. L., Huang, Y. P., Lu, Y. S., Hou, M. T., & Yeh, J. A. (2010). Cell rotation using optoelectronic tweezers. *Biomicrofluidics*, 4(4), 043003.
- [8] Khalil, I. S., Klingner, A., Hamed, Y., Hassan, Y. S., & Misra, S. (2020). Controlled Noncontact Manipulation of Nonmagnetic Untethered Microbeads Orbiting Two-Tailed Soft Microrobot. *IEEE Transactions on Robotics*, 36(4), 1320-1332.
- [9] Dong, X., & Sitti, M. (2020). Controlling two-dimensional collective formation and cooperative behavior of magnetic microrobot swarms. *The International Journal of Robotics Research*, 39(5), 617-638.
- [10] Ye, Z., & Sitti, M. (2014). Dynamic trapping and two-dimensional transport of swimming microorganisms using a rotating magnetic microrobot. *Lab on a Chip*, 14(13), 2177-2182.
- [11] Huang, T. Y., Qiu, F., Tung, H. W., Chen, X. B., Nelson, B. J., & Sakar, M. S. (2014). Generating mobile fluidic traps for selective three-dimensional transport of microobjects. *Applied Physics Letters*, 105(11), 114102.
- [12] Nogawa, K., Kojima, M., Nakajima, M., Homma, M., Arai, F., & Fukuda, T. (2011, November).

- Improvement of motility of bacterium-driven microobject fabricated by optical tweezers. In 2011 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (pp. 482-485). IEEE.
- [13] Peyer, K. E., Zhang, L., & Nelson, B. J. (2011). Localized non-contact manipulation using artificial bacterial flagella. *Applied Physics Letters*, 99(17), 174101.
- [14] Ger, T. R., Huang, H. T., Chen, W. Y., & Lai, M. F. (2013). Magnetically-controllable zigzag structures as cell microgripper. *Lab on a Chip*, 13(12), 2364-2369.
- [15] Charreyron, S., Pieters, R. S., Tung, H. W., Gonzenbach, M., & Nelson, B. J. (2015, September). Navigation of a rolling microrobot in cluttered environments for automated crystal harvesting. In 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 177-182). IEEE.
- [16] Paris, A., Decanini, D., & Hwang, G. (2018). On-chip multimodal vortex trap micro-manipulator with multistage bi-helical micro-swimmer. *Sensors and Actuators A: Physical*, 276, 118-124.
- [17] Petit, T., Zhang, L., Peyer, K. E., Kratochvil, B. E., & Nelson, B. J. (2012). Selective trapping and manipulation of microscale objects using mobile microvortices. *Nano letters*, 12(1), 156-160.
- [18] Shahrokhi, S., Lin, L., Ertel, C., Wan, M., & Becker, A. T. (2017). Steering a Particle Swarm Using Global Inputs and Swarm Statistics. arXiv preprint arXiv:1706.02162.
- [19] Qiu, T., Lee, T. C., Mark, A. G., Morozov, K. I., Münster, R., Mierka, O., Turek, S., Leshansky, M., A., & Fischer, P. (2014). Swimming by reciprocal motion at low Reynolds number. *Nature communications*, 5(1), 1-8.
- [20] Paris, A., Decanini, D., & Hwang, G. (2021). Swimming force characterizations of multistaged bi-helical microswimmer and 3D vortex trap manipulation. *Microelectronic Engineering*, 235, 111466.
- [21] de Lanauze, D., Felfoul, O., Turcot, J. P., Mohammadi, M., & Martel, S. (2013). Three-dimensional remote aggregation and steering of magnetotactic bacteria microrobots for drug delivery applications. *The International Journal of Robotics Research*, 33(3), 359-374.
- [22] Gong, Z., & Baudoin, M. (2020). Three-dimensional trapping and assembly of small particles with synchronized spherical acoustical vortices. *Physical Review Applied*, 14(6), 064002.
- [23] Behkam, B., & Sitti, M. (2006, August). Towards hybrid swimming microrobots: bacteria assisted propulsion of polystyrene beads. In 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 2421-2424). IEEE.
- [24] Mishra, A., Maltais, T. R., Walter, T. M., Wei, A., Williams, S. J., & Wereley, S. T. (2016). Trapping and viability of swimming bacteria in an optoelectric trap. *Lab on a Chip*, 16(6), 1039-1046.
- [25] Martel, S., & Mohammadi, M. (2010, May). Using a swarm of self-propelled natural microrobots in the form of flagellated bacteria to perform complex micro-assembly tasks. In 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 500-505). IEEE.
- [26] Volke-Sepúlveda, K. (2005, April). Vortex Beams and Modern Techniques in Optical Micromanipulation. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 759, No. 1, pp. 43-51). American Institute of Physics.
- [27] Sürer, J., & Tabak, A. F. (2021). Bernoulli-Equation-Based Robotic Model for Non-Contact Magnetic Micromanipulation. *European Journal of Science and Technology*, (24), 47-52. <https://doi.org/10.31590/ejosat.899657>
- [28] Chattopadhyay, S., & Wu, X. L. (2009). The Effect of Long-Range Hydrodynamic Interaction on the Swimming of a Single Bacterium. *Biophysical Journal*, 96(5), 2023–2028. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2008.11.046>
- [29] Higdon, J. J. L., & Muldowney, G. P. (1995). Resistance functions for spherical particles, droplets and bubbles in cylindrical tubes. *Journal of Fluid Mechanics*, 298, 193–210. <https://doi.org/10.1017/s0022112095003272>
- [30] Dong, F., Huang, Z., Qiu, D., Hao, L., Wu, W., & Jin, Z. (2019). Design and Analysis of a Small-Scale Linear Propulsion System for Maglev Applications (1)—The Overall Design Process. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 29(2), 1–5. <https://doi.org/10.1109/tasc.2019.28953>
- [31] Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2005). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (5th ed.). Wiley.
- [32] Tabak, A. F. (2020a, June). Adaptive Motion Control of Modified E. Coli. 2020 *International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*. <https://doi.org/10.1109/hora49412.2020.9152603>
- [33] Tabak, A. F. (2020b). Bilateral control simulations for a pair of magnetically-coupled robotic arm and bacterium for in vivo applications. *Journal of Micro-Bio Robotics*, 16(2), 199–214. <https://doi.org/10.1007/s12213-020-00138-z>
- [34] Keller, J., & Rubinow, S. (1976). Swimming of flagellated microorganisms. *Biophysical Journal*, 16(2), 151–170. [https://doi.org/10.1016/s0006-3495\(76\)85672-x](https://doi.org/10.1016/s0006-3495(76)85672-x)
- [35] Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2005). *Robot Modeling and Control* (1st ed.). Wiley.
- [36] Erman, A. G., & Tabak, A. F. (2014, July). Resistive force theory based modeling and simulation of surface contact for swimming helical micro robots with channel flow. 2014 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. <https://doi.org/10.1109/aim.2014.6878110>



Network Intrusion Detection Approach Based on Convolutional Neural Network

Hakan Can Altunay^{1*}, Zafer Albayrak²

^{1*} Ondokuz Mayıs University, Department of Computer Technologies, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0175-239X), hakancan.altunay@omu.edu.tr

² Karabük University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8358-3835), zalbayrak@karabuk.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.954966)

ATIF/REFERENCE: Altunay, H.C. & Albayrak, Z. (2021). Network Intrusion Detection Approach Based on Convolutional Neural Network. *European Journal of Science and Technology*, (26), 22-29.

Abstract

The probability of encountering cyber-attacks increases with the proliferation of internet usage and the increase in the number of network devices. Intrusion detection systems are used in order to prevent the damages caused by cyber-attacks. In this study, an intrusion detection implementation based on feature selection was performed by using a convolutional neural network in order to prevent cyber-attacks. CSE-CIC-IDS2018 dataset was used during the training and testing stages. Attributes of the dataset were trained on the preprocessing layer, classification layer, and two-layer convolutional neural network. The implementation performance was assessed through accuracy, precision, and recall metrics. A retraining stage was performed in order to resolve the over-learning problem of the network. Intrusion detection was performed through synthetic data generation within the dataset. SMOTE (Synthetic Minority Over Sampling Technique) was used for synthetic data generation. In the study, Brute Force, SQL Injection, Botnet, and DoS attacks were selected as the types of threat. Attack detection accuracy of the intrusion detection system was found 98.32% and the detection accuracy obtained after retraining was found 98.8%. Following the training performed with synthetic data added into the dataset, the neural network carried out a binary classification of the data. The performance rate of detection and classification of the data as a threat was determined as 98.7% for Brute Force, 98.5% for DoS, 98.9% for Botnet, and 99.1% for SQL Injection.

Keywords: Intrusion Detection Systems, Convolutional Neural Network, SMOTE, Deep Learning, Cyber Security.

Evrişimli Sinir Ağına Dayalı Ağ Saldırısı Tespit Yaklaşımı

Öz

İnternet kullanımının yaygınlaşması ve ağa bağlı cihaz sayısının artması ile siber saldırılarla karşılaşma olasılığı artmaktadır. Siber saldırıların verdiği zararları, engellemek için saldırı tespit sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada siber saldırıların engellenmesi için, evrişimli sinir ağı kullanılarak özellik seçimine dayalı saldırı tespit uygulaması gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test işlemlerinde CSE-CIC-IDS2018 veri seti kullanılmıştır. Veri setindeki öznitelikler, ön işlem katmanı, sınıflandırma katmanı ve iki katmanlı evrişimli sinir ağı üzerinde eğitilmiştir. Uygulamanın performansı accuracy, precision ve recall ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Ağın aşırı öğrenme sorununu gidermek için yeniden eğitim aşaması gerçekleştirilmiştir. Veri seti içerisinde sentetik veri üretimi gerçekleştirilerek izinsiz giriş tespiti yapılmıştır. Sentetik veri üretimi için SMOTE (Synthetic Minority Over Sampling Technique) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada tehdit türleri olarak Brute Force, Sql Injection, Botnet ve DoS saldırıları seçilmiştir. Saldırı tespit sistemine ait saldırı algılama doğruluğu %98.32 ve yeniden eğitim sonrası elde edilen algılama doğruluğu ise %98.8 olarak tespit edilmiştir. Veri setine eklenen sentetik veriler ile gerçekleştirilen eğitim sonunda sinir ağı, verilerin ikili sınıflandırma işlemini gerçekleştirmiştir. Verilerin tehdit olarak algılanıp sınıflandırılmasındaki başarıyı, Brute Force için %98.7, DoS için %98.5, Botnet için %98.9 ve SQL Injection için %99.1 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Saldırı Tespit Sistemleri, Evrişimli Sinir Ağı, SMOTE, Derin Öğrenme, Siber Güvenlik.

* Corresponding Author: hakancan.altunay@omu.edu.tr

1. Introduction

Intrusion detection systems are used in order to prevent cyber-attacks. These systems identify threats by monitoring data traffic on a network or system (Deng, Zhuang, & Liang, 2017; Li, Batta, & Trajkovic, 2018). Any identified threat is either conveyed to the system administrator or collected centrally by using a security event management system. Security event management systems combine data from various sources and carry out a filtering process, and, in this way, perform a true or false alarm detection (Kevric, Jukic, & Subasi, 2017).

Intrusion detection systems are categorized into two groups as signature- and anomaly-based detection systems. The method of identifying any intrusion and storing it in the database is called a signature-based detection system (Sharafaldin, Arash, & Ali, 2018). Features in the dataset and signatures in the database are crosschecked in the signature-based detection systems. If the malicious software behavior does not match with the signature in the database, the similarity test fails and the intruder accesses the system. The higher the number of signatures in the database, the longer it takes to process and analyze the huge volume of data (Alazab, Hobbs, Abawajy, & Alazab, 2014). In the anomaly-based detection system, on the other hand, the features from the dataset are trained. Data behavior is classified as normal or abnormal at the end of the training. Anomaly detection techniques are able to detect new attacks. However, high false alarm rates may occur in the changing cyber-attack mediums. Anomaly-based detection systems consist of two stages as training stage and the testing stage. Hybrid intrusion detection models are developed in order to eliminate the disadvantages of the signature- and anomaly-based detection systems. Network data and system information are combined in hybrid intrusion detection systems (Khraisat, Gondal, Vamplew, Kamruzzaman, & Alazab, 2020).

Artificial intelligence and machine learning methods are used in anomaly-based detection systems. Machine learning methods perform reinforcement, supervised and unsupervised learning to build models (Alabadi, & Albayrak, 2020). These methods are usually preferred in implementations where there is a small amount of data (Baykara, & Daş, 2019). Intrusions with unknown sources can be identified by using deep learning techniques with the increase in the amount of data. Deep learning is a machine learning method (Priyadarshini, & Barik, 2019). The main purpose of using deep learning techniques in intrusion detection systems is preventing or minimizing the attacks with signatures similar to the anomaly traffics identified on the network (Behera, Pradhan, & Dash, 2018).

In this study, it was aimed to identify and classify the attacks on the computer networks by using a convolutional neural network. CSE-CIC-IDS 2018 dataset was used in our study. Dataset has 82 features apart from label information. In the data preprocessing stage, ICFLOWMeterV3 and attributes of source IP, target IP, source port, flow identity, and intrusion time that would not be used in the threat model were removed from the dataset. In addition, attributes of Bwd Avg Bytes/Bulk, Bwd Avg Packets/Bulk, Fwd Avg Bytes/Bulk, Bwd PSH Flags, Fwd Avg Packets/Bulk, Fwd Avg Bulk Rate and Bwd Avg Bulk Rate with null values within the dataset were also removed. Data received by the networks were classified through the recommended

method and attack detection accuracy was determined. Synthetic data generation was performed through SMOTE. It was aimed to increase the performance rate in intrusion detection and classification by retraining the entire neural network through synthetic data. Values obtained at the end of retraining signify that the model properly identified and classified the new intrusion data.

Accuracy, precision, and recall values obtained towards the attack detection at the end of the recommended method were presented. In the comparison of these values and the results of other implementations in the literature where deep learning techniques were used, higher performance was reached in attack detection. It was determined that the network performs over-learning in types of attacks with a small amount of data. The over-learning problem was prevented by increasing the number of types of attacks that were low in number within the dataset through synthetic data generation. The recommended method is different from other studies in the literature in detecting the Botnet, DoS, SQL Injection, and Brute Force attacks by using a convolutional neural network and synthetic data generation.

A literature review was performed in the second section of the study. In the third section, a threat model was created and data preprocessing, classification, and convolutional neural network layers included in the intrusion detection approach were explained. In the fourth section, the results belong to the recommended approach were analyzed. In the last section, the results obtained were evaluated and studies projected to be carried out in the future were addressed.

2. Related Works

Several machine learning methods such as support vector machines, k-nearest neighbors, decision tree and artificial neural networks, have been used in the development of intrusion detection systems. Deep learning approaches such as long short-term memory, convolutional neural network, and recurrent neural network have also been preferred with the increase in the amount of data in recent years. These studies were explained in accordance with the method used and results obtained.

In 2019, Botnet attacks within the CSE-CIC-IDS2018 dataset were detected by Ring et al. by using multi-layer detectors. In addition, optimization was performed on the model displaying extreme consistency with the default hyperparameters by using the GridSearch method. Botnet attacks were classified with a 99.97% accuracy rate (Ring, Wunderlich, Scheuring, Landes, & Hotho, 2019). In another study conducted by Kanimozhi et al., the performance of the recommended model in the classification of the types of attacks was analyzed by using the CSE-CIC-IDS2018 dataset. Intrusions on the dataset were detected through six different machine learning methods (Decision Tree, Gaussian Naive Bayes, MLP, Random Forest, KNN, QDA) and 10-fold cross-validation. In the study, the decision tree method performed the highest intrusion detection with a 96% accuracy rate (Kanimozhi, & PremJacob, 2019). In another study conducted by Zhou and Pezaro designing an intrusion detection system on the CSE-CIC-IDS2018 dataset through long short-term memory (LSTM), a data addition procedure was implemented through SMOTE for the numbers of types of attack within the dataset to be close to each other. The intrusion detection performance of the recommended model on

the dataset that was expanded with the added data was analyzed. Precision, recall, F-score, and accuracy rate values were provided in order to evaluate the performance of the intrusion detection system. It was revealed that low performance was obtained in detecting the intrusions in the datasets where the numbers of types of attack were not close to each other (Zhou, & Pezaro, 2019). In a Blockchain-based service for drone-delivered services, an intrusion detection system was developed by using the CSE-CIC-IDS2018 dataset. Convolutional neural network (CNN), recurrent neural network (RNN), support vector machine (SVM) and random forest methods were used in order to identify the attack packages within the dataset. It was revealed that the highest performance rate was achieved with 98.75% in the detection of Botnet attacks (Yin, Zhu, Fei, & He, 2017). In 2019, denial-of-service (DoS) attacks were detected on the CSE-CIC-IDS2018, CICIDS2017, and CICDOS training sets through the random forest method. As a result of the study conducted, 0.999, 0.992, and 0.995 F-score values were obtained respectively for the datasets (Ferrag, & Maglaras, 2019). In another study carried out in 2019, it was determined that the highest accuracy rate was reached by the decision tree algorithm among the algorithms of random forest, deep neural networks, decision tree and k-nearest neighbors used in the collective learning model (Filho, Frederico, Silveira, Junior, & Silveira, 2019). Abdulhammed et al. created an intrusion detection system that works on datasets including various numbers of types of attacks by using the CSE-CIC-IDS2018 dataset. A 99.99% accuracy rate was achieved in the implementation where there is limited change in the amount of data (Abdulhammed, Faezipour, Abuzneid, & Abumallouh, 2018). Another intrusion detection system was designed by Odabas and Pehlivanoglu on the CSE-CIC-IDS2018 dataset through a two-level hybrid machine learning method. The intrusion detection was performed by using CNN, Random Forest, Light Gradient Boosting Machine (LGBM), CNN + Random Forest, LGBM + Random Forest, and Random Forest + Random Forest machine learning methods. It was revealed that the best result was achieved through CNN + Random Forest method with a 98% accuracy rate and 0.86 F-score value (Atay, Odabas, & Pehlivanoglu, 2019). In another implementation performed by using artificial neural networks, an anomaly-based intrusion detection system was designed on the CSE-CIC-IDS2018 dataset. The detection accuracy of the recommended system was revealed at the end of the study according to the types of attacks within the dataset (Karaman, Turan, & Aydın, 2020). In the hybrid model developed by Sun et al. by using convolution neural network and long short-term memory (LSTM), category weight optimization method was used. In the model where the temporal and spatial features of network traffic were extracted by using CNN + LSTM hybrid network, the overall accuracy rate was determined as 98.67% in the multiple classification (Sun, Liu, Li, Lu, Hao, & Chen, 2020). In another study conducted for intrusion detection, a new algorithm based on feature selection was recommended. The algorithm was performed on various datasets. It was revealed through the algorithm that the recommended cosine similarity method has a faster convergence than the sigmoid similarity method (Alazzam, Sharieh, & Sabri, 2020). An intrusion

detection system based on a deep learning model optimized by using rule-based hybrid feature selection was developed by Femi et al. It was expressed that the number of selected features would not affect the detection accuracy of the feature selection algorithms in that model. It was revealed in the study that the number of selected features was directly proportional to the performance of the base classifier (Femi, Sakinat, Adebay, Adebola, & Joseph, 2020). In another intrusion detection system based on a deep learning model developed by feature selection, DoS attacks were detected by using two different datasets as CSE-CIC-IDS2018 and KDD CUP99. The model was developed by using a convolutional neural network and its performance was evaluated through comparison with a recurrent neural network (RNN) (Jiyeon, Jiwan, Hyunjung, Minsun, & Eunjung, 2020). In another study designed by Einy et al., the artificial neural network and IDS/IPS were used together for the manual detection of malicious traffic in the network. A metaheuristic method was used for feature selection and fuzzy logic was used for anomaly detection. The network intrusion was prevented at the rate of 96.11% at the end of the study (Einy, Oz, & Navaei, 2021).

The implementations performed by using machine learning and deep learning techniques on the CSE-CIC-IDS2018 dataset in the literature were explained above. The algorithms used in these implementations performed for detection and classification of the intrusions were compared and inferences were made for future studies. The studies conducted by using a convolutional neural network on the CSE-CIC-IDS2018 dataset and the accuracy values obtained are presented in Table 1.

Table 1. Comparison of the Intrusion Detection Systems Using CNN

Reference	Method	Type of Attack	Results
(Yin et al.)	SVM, RNN, CNN	DoS, User to Root, Probe, Root to Local	98.75%
(Atay, Odabas, and Pehlivanoglu)	CNN, CNN + Random Forest	All	98%
(Sun et al.)	CNN + LSTM	All	98.67%
(Jiyeon et al.)	CNN, RNN	DoS, DDoS	95%

3. Matherial and Method

Today, intrusions are carried out in various ways such as interruption of network services, alteration of data, and sniffing. Intrusion detection systems are used to identify and minimize these intrusions. These systems are designed through threat models created according to the types of attacks within the current dataset (Tuptuk, & Hailes, 2018). The aim of this study is to analyze the random package behaviors reaching a computer network from a dataset through a convolutional neural network (CNN). It was determined whether the packages reaching the intrusion detection system were threats or not, then they were classified upon the determination of the threat model they belong to. The neural network was subjected to training and testing processes for the types of attacks such as DoS, Brute Force, SQL Injection, and Botnet.

Table 2. Confusion Matrix

	Predicted	
Actual	Negative	Positive

	Negative	TN _i	FP _i
	Positive	FN _i	TP _i

$$Accuracy = \frac{TP_i + TN_i}{TP_i + TN_i + FP_i + FN_i} \quad (1)$$

$$Precision = \sum_{i=1}^N \frac{TP_i}{TP_i + FP_i} \quad (2)$$

$$Recall = \sum_{i=1}^N \frac{TP_i}{TP_i + FN_i} \quad (3)$$

3.1. Threat Modeling

In the model created, an intruder may threaten the network server or access other devices in the network by using the server. In the cyber-attacks on computer networks, computers are tried to be disabled through malicious software in addition to passive sniffing. The malicious software tries to access other devices over the server without creating an abnormality in the network traffic. In the study, the new data packages were also created through SMOTE during a cyber-attack since it was aimed for the recommended approach to identify and classify all the malicious network status generated.

3.2. System Design

The recommended design architecture is presented in Figure 1. Our input data consists of the attack packages within the CSE-CIC-IDS2018 dataset. In the preprocessing stage in the architecture, the dataset consists of 82 attributes. The packages following the data preprocessing are subjected to the binary classification and it is determined whether they are threats or not (Akashdee, Manzoor, & Kumar, 2017). Then, it is determined what types of attacks the packages, which are characterized as attacks, generate. The detection process basically analyses the network behavior patterns through attack packages. The recommended intrusion detection system flow chart is presented in Figure 1. Detection modules are defined for abnormal situations. The detection algorithm affects each detection module when the output is obtained. Detection modules with

abnormalities are analyzed for intrusion detection and intruders are identified. It is determined whether the packages reaching the intrusion detection system are threats or not, then they are classified upon the determination of the threat model they belong to.

All data must be between 0 and 1 before the testing stage (Chandra, Khatri, & Simon, 2019). The normalization process is implemented to the data that are not between 0 and 1 by using a k-means clustering algorithm. Different detection modules are used for feature learning. Feature vectors of the packages within each detection module are processed through a convolutional neural network (CNN). Learned features are classified in order to create output at the end of the detection process. An output layer fully connected to the CNN was added for the classification process. The algorithm labels the data package upon threat analysis when it encounters an attack. Brute force attacks were labeled as “1”, DoS attacks as “2”, Botnet attacks as “3”, and SQL Injection attacks as “4”. A new layer is added to the classification process as the number of attacks increases and the entire neural network is retrained. There are 286.191 Botnet, 513 Brute Force, 53 SQL Injection, and 1.289.544 DoS attack packages in the CSE-CIC-IDS2018 dataset, as presented in Table 3.

Table 3. Types and Numbers of Attacks Within The Dataset

Label	Number
Botnet	286.191
SQL Injection	53
Brute Force	513
DoS	1.289.544
Infiltration	93.063
Benign	2.865.035
Total	4.525.399

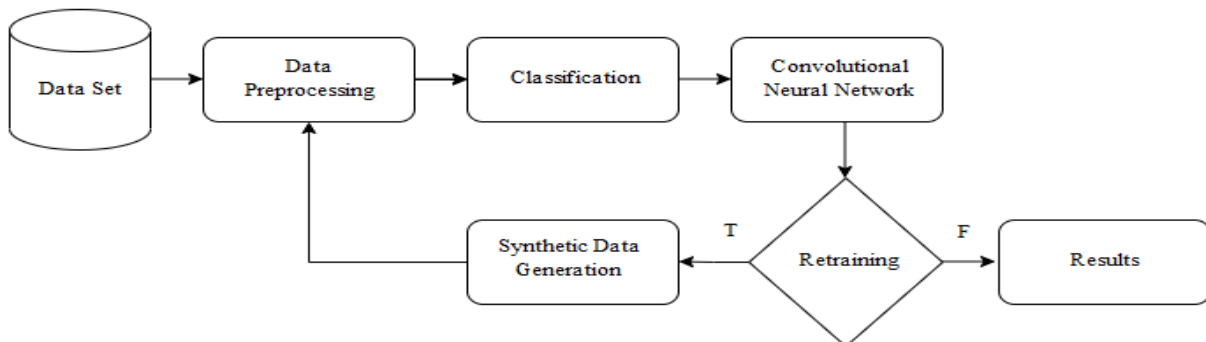


Figure 1. Recommended Intrusion Detection System Flow Chart

3.3. Data Generation Through SMOTE

The numbers of types of attack in the current dataset are different from each other. Therefore, there is irregularity among the attack packages within the dataset. Data was sampled in the preprocessing stage and the imbalanced distribution within the dataset was eliminated. The sampling process was performed through the synthetic data generation model named SMOTE (Synthetic Minority Over Sampling Technique). SMOTE generates new data by using K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm. In the SMOTE, the difference between the feature vector and the nearest neighbor of the feature vector is multiplied with a random number between 0 and 1. New synthetic data are generated by adding the result obtained to the feature vector (Yavas, Guran, Uysal, Manzoor, & Kumar, 2020). The algorithm steps of the data generation through SMOTE are itemized below and the operation logic is presented in Figure 2.

Step 1: The k-nearest neighbor of each sample that belongs to the class with a small amount of data is found.

Step 2: The difference between the class with the small amount of data and its k-nearest neighbor is determined.

Step 3: A random number (x) between 0 and 1 is multiplied with the difference value found in Step 2.

Step 4: New data generation is performed according to the following equation:

$$a_{new} = a_0 + (a_1 - a_0) * x \quad (4)$$

Step 5: The first four steps are repeated for each new data to be generated.

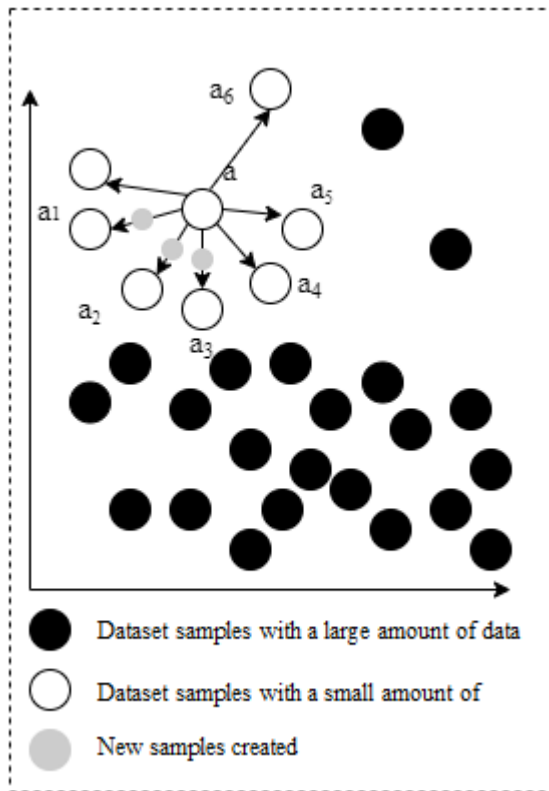


Figure 2. Data Generation Through SMOTE

If there are one or more attacks that have not been observed before in a detection module, the output neurons in the stage of classification have values close to each other. In this case, it becomes difficult to identify the network attacks on the *e-ISSN: 2148-2683*

computer systems. The performance rate of the intrusion detection system is wanted to be increased through retraining with new data that the system has not encountered before. The classification stage outputs must be between 0 and 1 for all classes in the testing stage. Each output that is not between 0 and 1 will be labeled as “unknown” and it will be regarded as a sample that was not encountered before. These labeled samples are sent to the current training set. All neural network is retrained with these attack classes that were not encountered before. The amount of synthetic data generated through SMOTE is presented in Table 4. The sample data to be generated were implemented for the data including 5% or fewer samples in our dataset. Therefore, the numbers of Brute Force, SQL Injection, and Infiltration attack packages were updated.

Table 4. Amount of Data Generated Within The Dataset

Label	Number
Botnet	286.191
SQL Injection	286.191
Brute Force	286.191
DoS	1.289.544
Infiltration	286.191
Benign	2.865.035
Total	5.299.343

3.4. Convolutional Neural Network and Feature Learning

As presented in Table 5, two one-dimensional convolutional layers, pooling layer, flatten layer, and ReLU activation function were used in the convolutional neural network. In addition, an output layer including two fully connected layers with 256 neurons with 0.2 dropout value and softmax activation function with 15 neurons was used. Epoch was determined as 100 and Batchsize was determined as 1000. 80% of the attack numbers to be used within the dataset were used for training (1.261.040) and 20% were used for testing (315.260). In the dataset, the label of each sample is determined according to the type of network attack within the related detection module. If the sample does not include any attack packages, this is called a “normal situation.” Packages share the same label in a normal situation. In each convolutional layer, the input feature maps are combined with the convolutional core learned during the training process.

Table 5. CNN Structure Parameters and Values

Parameter	Value
Convolution	2
Pooling	2
Flatten	1
Dropout	0.2
Dense_1	Activation=ReLU
Dense_2	Activation =ReLU
Dense_3	Activation =Softmax

Then, the activation function is implemented in order to create the feature map of the next layer. In the pooling layer, the size of the input is decreased by summarized on the local values of the feature maps received from the previous layer. The convolutional neural network (CNN) presented in Figure 3 is

created by using the convolution and pooling processes defined above.

CNN layers are divided into 4 groups. The first and second layers create the convolutional input and feature maps. Then, the rectified linear unit (ReLU) layer processes the output of the previous layer. Pooling is performed in order to select the maximum feature map. Finally, the normalization process is implemented on the values from various feature maps received from the previous layer. A ReLU and normalization process are performed in the third layer, which is a convolutional layer. In the fourth layer, feature maps received from the previous layer are combined. In this stage, a fully connected output layer is added to CNN in order to match it with the output classes of the learned features.

The ReLU is the activation function used on all samples. The network performs the learning process in a non-linear way. It is preferred in multilayer neural networks since its calculation load is low.

$$ReLU = g(z) = \max(0, z) \tag{5}$$

The Softmax, on the other hand, is an activation function that is particularly preferred in the output layer of the deep learning models when more than two classifications are required. It generates a random value between 0 and 1 and enables the determination of the probability of data regarding its inclusion in a class (Yang, Cheng, & Chuah, 2019).

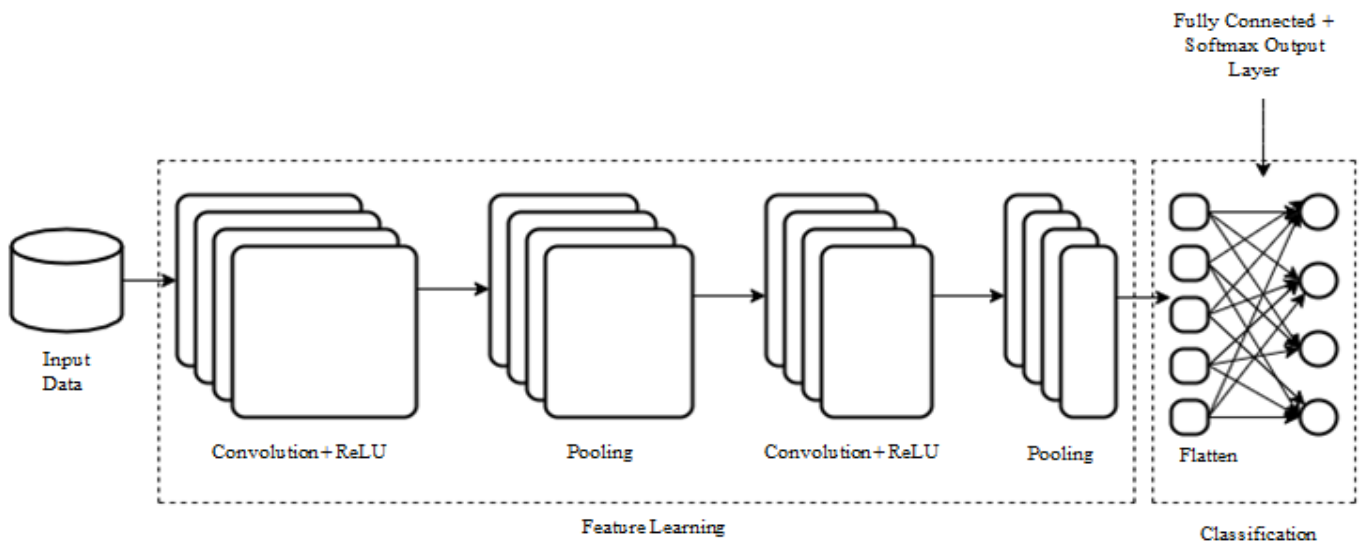


Figure 3: CNN Architecture Used in The Study

4. Research Results and Discussion

The accuracy, precision, and recall values were obtained as the performance results of the intrusion detection implementation following the training of our algorithm on the dataset. The F-score performance metric was not analyzed since the precision and recall values were found close to each other. It is observed that the algorithm identified all the samples of the attack classes encountered during the entire training process with high accuracy. The overall detection accuracy is 98.32%. This result signifies that there is a low rate of false positives generated and a small number of samples classified as the

normal process. The entire neural network was retrained by performing synthetic data generation within the dataset. In the study, a total of 571.816 samples were labeled for retraining. The overall detection accuracy of the approach following the retraining was determined as 98.8%. The small number of labeled samples causes the accuracy of the model to decrease or the samples of the other classes to be labeled by mistake. The misclassification of the attacks that were not encountered before prevents the intrusion detection model from identifying the new attack types occurring. The performance metrics of the approach are presented in Table 6.

Table 6. Performance Metrics of The Network with The Data Within The Dataset

Performance Metrics	Results of The Attacks Performed with The Data Within The Dataset	Results of The Attacks Performed with The Addition of The Data Generated
Precision	99.6%	99.5%
Recall	98.3%	98.1%
Accuracy	98.32%	98.8%

The performance rate of the samples of types of attack within the dataset in terms of classification accuracy during the entire training process is presented in Figure 4. The recommended approach detected and classified the Brute Force, DoS, and Botnet attack types with high accuracy. The SQL Injection attack samples with 100% classification accuracy, on

the other hand, signify that our network has an over-learning problem in the types of attacks with a small amount of data. In order to eliminate the over-learning problem, synthetic data generation was performed and the entire neural network was retrained with the types of attacks that were not encountered before. High accuracy was obtained in various attack classes

when the model was retrained with attack classes that were not encountered before. This result signifies that the retraining process step adapts itself to the neural network. The performance rate was found 99.1% in the SQL Injection threat type after the data was added, while this rate was 100% before the data was added. Therefore, the implemented approach cannot reach accurate results with a small amount of data. The numbers of correctly or wrongly classified attack packages on the synthetic data-added dataset in the implementation are presented in Table 7.

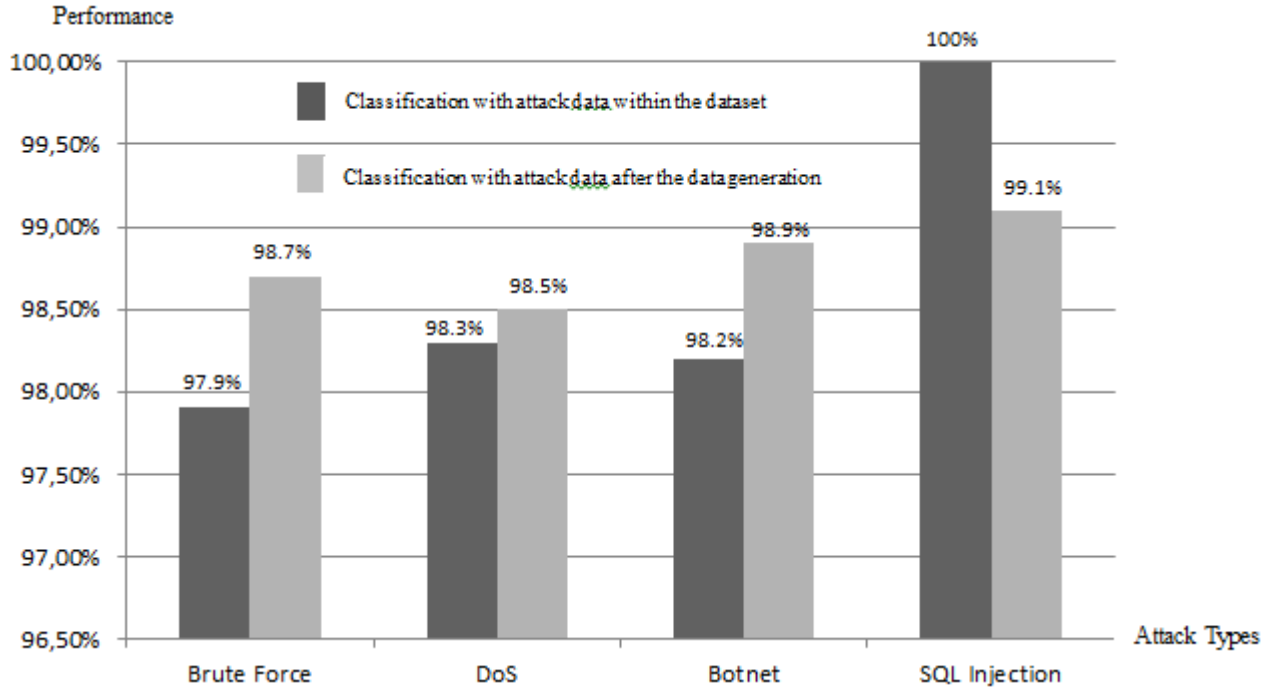


Figure 4: Classification Performance of The Recommended Method

Table 7. Numbers of Correctly or Wrongly Classified Attack Packages

Attack Type	Correctly Classified Attack Packages	Wrongly Classified Attack Packages
Botnet	283.042	3.149
DoS	1.270.200	19344
Brute Force	282.470	3671
SQL Injection	283.615	2576

4. Conclusion and Future Studies

In this study, the intrusion detection systems using deep learning were analyzed and an intrusion detection implementation was performed by using a convolutional neural network (CNN) based on feature extraction. Modeling and feature learning of the temporary network behavior patterns of the server on the network or the devices connected to that server were performed through the convolutional neural network (CNN) method. In the study conducted through this method, Botnet, SQL Injection, Brute Force, and DoS attack types were identified and classified. It was determined that the network had an over-learning problem in the SQL Injection attack type with a small amount of data. Higher accuracy was obtained in terms of detection and classification processes of the attack types when the entire network was retrained with the new data generated through SMOTE compared to the data in the current dataset. In the study, a 98.8% accuracy rate was obtained with hyperparameters, selected features, and synthetic data

e-ISSN: 2148-2683

generation. Higher performance was reached in terms of accuracy, precision, and recall performance metrics compared to the CNN-based intrusion detection models performed in the literature. In the future, intrusion detection systems can be designed through hybrid- and rule-based methods by using various datasets. Comparisons can be made between intrusion detection and classification values of the designed models and intrusion detection method using a convolutional neural network.

References

Deng, R., Zhuang, P., & Liang, H. (2017). CCPA: Coordinated Cyber-Physical Attacks and Countermeasures in Smart Grid. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2420–2430.

Li, Z., Batta, P., & Trajkovic, L. (2018). Comparison of machine learning algorithms for detection of network intrusions. In

- 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 4248–4253.
- Kevric, J., Jukic, S., & Subasi, A. (2017). An effective combining classifier approach using tree algorithms for network intrusion detection. *Neural Computing and Applications*, 1051–1058.
- Sharafaldin, I., Arash, H. L., & Ali, A. (2018). Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization. 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP). Portekiz.
- Alazab, A., Hobbs, M., Abawajy, J., & Alazab, M. (2014). Using response action with intelligent intrusion detection and prevention system against web application malware. *Information Management and Computer Security*.
- Khraisat, A., Gondal, I., Vamplew, P., Kamruzzaman, J., & Alazab, A. (2020). Hybrid intrusion detection system based on the stacking ensemble of C5 decision tree classifier and one class support vector machine. *Electronics*.
- Alabadi, M., & Albayrak, Z. (2020). Q Learning for Securing Cyber-Physical Systems: A survey. (2020). *International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, 1-13.
- Baykara, M., & Daş, R. (2019). Saldırı Tespit Ve Engelleme Araçlarının İncelenmesi. *Dümf Mühendislik Dergisi*, 57-75.
- Priyadarshini, R., & Barik, R.K. (2019). A Deep Learning Based Intelligent Framework to Mitigate DDoS Attack in Fog Environment. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*.
- Behera, S., Pradhan, A., & Dash, R. (2018). Deep neural network architecture for anomaly based intrusion detection system. In *5th International conference on Signal Processing and Integrated Networks*, 270-274.
- Ring, M., Wunderlich, S., Scheuring, D., Landes, D., & Hotho A. (2019). A Survey of Network-based Intrusion Detection Data Sets. *Cryptography and Security*.
- Kanimozhi, V., & PremJacob, T. (2019). Artificial Intelligence based Network Intrusion Detection with hyper-parameter optimization tuning on the realistic cyber dataset CSE-CIC-IDS2018 using cloud computing. *ICT*, 211-214.
- Zhou, Q., & Pezaro, D., (2019). Evaluation of machine learning classifiers for zero-day intrusion detection, an analysis on CIC-AWS-2018 dataset. *arXiv abs/190.03685v1*.
- Yin, C., Zhu, Y., Fei, J., He, X. (2017). A deep learning approach for intrusion detection using recurrent neural networks. *IEEE Access*, 21954-21961.
- Ferrag, M.A., & Maglaras, L. (2019). Deliverycoin: An ids blockchain-based framework for drone-delivered services. *Computers*, 58.
- Filho, F., Frederico, A., Silveira, F., Junior, A., & Silveira, G. (2019). Smart detection: An online approach for DoS/DDoS Attack detection using machine learning. *Security and Communication Networks*.
- Lin, P., Ye, K., & Xu, C.Z. (2019). Dynamic Network Anomaly Detection System by Using Deep Learning Techniques. In: Da Silva, D., Wang, Q., Zhang, L.J. (eds) *Cloud Computing – CLOUD 2019*. *CLOUD 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11513. Springer, Cham.
- Abdulhammed, R., Faezipour, M., Abuzneid, A., & Abumallouh, A. (2018). Deep and machine learning approaches for anomaly-based intrusion detection of imbalanced network traffic. *IEEE Sensors Letters*, 1-4.
- Atay, R., Odabaş, D. E., & Pehlivanoglu, M. K. (2019). İki Seviyeli Hibrit Makine Öğrenmesi Yöntemi İle Saldırı Tespiti. *Dergipark*, 258-272.
- Karaman, M., Turan, M., & Aydın M. A. (2020). Yapay sinir ağları kullanılarak anomali tabanlı saldırı tespit modeli uygulaması. *European Journal of Science and Technology Special Issue*, 17-25.
- Sun, P., Liu, P., Li, Q., Lu, X., Hao, R., & Chen, J. (2020). DL-IDS: extracting features using CNN-LSTM hybrid network for intrusion detection system. *Security and Communication Networks*.
- Alazzam, H., Sharieh, A., & Sabri, K. E. (2020). A feature selection algorithm for intrusion detection system based on pigeon inspired optimizer. *Security and Communication Networks Expert Systems with Applications*, 148, 113249.
- Femi, E. A., Sakinat, O. F., Adebayo, A. A., Adebola, O. A., & Joseph, B. A. (2020). Network intrusion detection based on deep learning model optimized with rule-based hybrid feature selection. *Information Security Journal*.
- Jiyeon, K., Jiwan, K., Hyunjung, K., Minsun, S., & Eunjung, C. (2020). CNN-Based network intrusion detection against denial-of-service attacks. *Electronics*.
- Einy, S., Öz, C., & Navaei, N. V. (2021). The Anomaly- and Signature-Based IDS for Network Security Using Hybrid Inference Systems. *Mathematical Problems in Engineering*.
- Tuptuk, N., & Hailes, S. (2018). Security of smart manufacturing systems. *ELSEVIER*.
- Karataş, G., Demir, Ö., & Şahingöz, Ö. K. (2019). A deep learning based intrusion detection system on GPU's. *International Conference 11th Edition Electronics computer and Artificial Intelligence*.
- Akashdee, P., Manzoor, I., & Kumar, N. (2017). A feature reduced intrusion detection system using ANN classifier. *ELSEVIER*.
- Chandra, A., Khatri, S., & Simon, R. (2019). Filter-based attribute selection approach for intrusion detection using k-means clustering and sequential minimal optimization technique. *Amity International conference on Artificial Intelligence*, 740-745.
- Yavaş, M., Güran, A., Uysal, M., Manzoor, I., & Kumar, N. (2020). Covid 19 veri kümesinin SMOTE tabanlı örnekleme yöntemi uygulanarak sınıflandırılması. *European Journal of Science and Technology*.
- Yang, H., Cheng, L., Chuah, M. C. (2019). Deep learning based network intrusion detection for SCADA systems. *IEEE Conference on Communications and Network Security: Workshops: CPS: International Workshop On Cyber-Physical Systems Security*.



Poincare Çizimi Ölçümlerinden Topluluk Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Proses Kontrol Sistemlerinde Arıza Tespit ve Teşhisi

Emre Çancıoğlu^{1*}, Savaş Şahin², Yalçın İşler³

^{1*} Araştırma ve Geliştirme Bölümü, Doğuş Vana ve Döküm San. Tic. A.Ş., Manisa, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9918-4668), emre@dogusvana.com.tr

² Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2065-6907), phd.savas.sahin@gmail.com

³ Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2150-4756), islerya@yahoo.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952761)

ATIF/REFERENCE: Çancıoğlu, E., Şahin, S., İşler, Y. (2021). Poincare Çizimi Ölçümlerinden Topluluk Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Proses Kontrol Sistemlerinde Arıza Tespit ve Teşhisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 30-34.

Öz

Bu çalışmada, farklı kimyasal birimlere ait doğrusal olmayan süreçler içeren bir endüstriyel tesisteki 20 farklı arızanın tespiti ve sınıflandırılması yapılmıştır. Kullanılan veri seti büyük bir endüstriyel tesisten elde edilen IEEEDataPort çevrimiçi veri kümesidir. Tennessee Eastman Süreci olarak bilinen bu veri seti 20 farklı hata türü ile 52 işlem noktasından alınan ölçümleri içerir. Bu ölçümler üzerinden Poincare çizimleri elde edilerek her işlem noktası için sık kullanılan doğrusal olmayan öznitelikler çıkarılmıştır. Bu öznitelikler %5 istatistiksel anlamlılık düzeyinde tek yönlü ANOVA testine uygulanarak hata türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu gösterenler seçilmiştir. Hem tüm öznitelikler hem de sadece ANOVA ile seçilen öznitelikler beş farklı topluluk öğrenmesi algoritması (Boosted Trees, Bagged Trees, Subspace Discriminant, Subspace KNN ve RUSBoosted Trees) kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada elde edilen en yüksek sınıflandırıcı doğruluğu Subspace Discriminant algoritması kullanılarak %89,5 olarak elde edilmiştir. Aynı verisetini kullanan benzer çalışmalarla kıyaslanabilir bir başarı düzeyine ulaşılmıştır. Öte yandan, ANOVA tabanlı öznitelik seçiminin bu tür endüstriyel proses tesislerinde arızaların teşhisinde bariz bir üstünlük sağlamadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tennessee Eastman Proses Sistemi, Arıza Tespiti, Arıza Teşhisi, Topluluk Öğrenmesi, Poincare Grafik Ölçümleri, Tek Yönlü ANOVA Testi.

Fault Detection and Diagnosis on Process Control Systems Using Ensemble Learning Algorithms from Poincare Plot Measures

Abstract

This study aimed to detect and classify 20 different malfunctions in an industrial facility that involves nonlinear processes from various chemical units. The IEEEDataPort online dataset, acquired from a large industrial plant, was used in this study. It contains measures from 52 process points in Tennessee Eastman Process with 20 different fault types. We extracted two commonly used nonlinear features from Poincare Plots for each measurement point. The statistically meaningful features, which show statistically significant differences among fault types with a significance of 5%, were selected from these features. Five distinct Ensemble Learner algorithms (Boosted Trees, Bagged Trees, Subspace Discriminant, Subspace KNN, and RUSBoosted Trees) discriminated the fault types using all features and the selected features only. The maximum classifier accuracies were 89.5% for both feature sets using the Subspace Discriminant method in this study. This performance is a comprehensible result among the results achieved in similar

* Sorumlu Yazar: emre@dogusvana.com.tr

studies. On the other hand, ANOVA-based feature selection didn't result in a clear advantage to diagnose faults in such industrial process plants.

Keywords: Tennessee Eastman Process System, Fault Detection, Fault Diagnosis, Ensemble Learning, Poincare Plot Measures, One-Way ANOVA Test.

1. Giriş

Son yıllarda, üretim kalitesini ve sistemin performansını artırmak için daha karmaşık endüstriyel süreçlerin tasarımı zorunlu hale gelmiştir. Bu zorlu işlemlerin üstesinden gelebilmek için çeşitli endüstriyel ekipmanların süreci (veya süreçleri) izlemesi ve yapay zeka dahil olmak üzere ileri düzey otomasyon yöntemlerinin birlikte kullanımı ile büyük bir başarı sağlanmıştır [1]. Gelişmiş üretim süreçlerindeki ilerlemelerle birlikte, bu süreçlerin güvenilirliğini, verimliliğini ve tutarlılığını artırmak için sistem hatalarının zamanında teşhis ve tespiti oldukça önemlidir [2].

Genel amaçlı bir arıza tespit ve teşhis sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır: (i) İzlenmekte olan sistemdeki bazı arızaların meydana geldiğini gösteren arıza tespiti, (ii) Meydana gelen arızanın türünü ve/veya yerini belirleyen arıza teşhisi ve (iii) Arızanın büyüklüğünü belirleyen arıza tanımı [3]. Böyle bir sistemin çıkışı genellikle sadece arızalı veya arızasız şeklindedir. Sistemin girişi ise farklı sensörlerden gelen ölçümler ve/veya bu ölçümlerden hesaplanan öznitelikler olmaktadır. Bu sistem, verilerden ilgili modeli ya da kalıbı bulmak ve bunları görev odaklı bilgiye dönüştürmek için istatistiksel tabanlı özellik seçimini, makine öğrenmesi algoritmalarıyla model oluşturulmasına dayanmaktadır.

Bu çalışmada, izlenen değişkenlerin fazla olduğu, kimya endüstrisinde önemli yer tutan yer alan ve literatürdeki birçok çalışmanın odak noktası olan Tennessee Eastman Process (TEP) örnek alınmıştır [4, 5]. 2010 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, Genetik Algoritma tarafından desteklenen Ana Bileşen Analizi (PCA) ve çok katmanlı algılayıcı (MLP) sınıflandırıcısı kullanılmıştır [6]. Aynı veri setinin analizi için başka vbir çalışmada, Kernel Tabanlı Ana Bileşen Analizi (K-PCA) ve Fisher diskriminant analizi sınıflandırıcısı kullanılmıştır [7]. Bu çalışmalara ait sınıflandırıcı performansları rapor edilmemiştir. Yakın tarihli bir çalışmada, Poincare çiziminden elde edilen öznitelikler kullanılarak k-yakın komşu sınıflandırıcısı ile %55 doğrulukla hata sınıflandırması yapılabilmektedir [10]. Daha kapsamlı başka bir çalışmada ise, destek vektör makineleri (SVM), PCA uygulanmış SVM ve çok katmanlı algılayıcı (MLP) sınıflandırıcıları kullanılarak sırasıyla %49,7, %67,3 ve %73,8 sınıflandırıcı doğruluklarına ulaşılabilmektedir [11]. Bu az sayıdaki örnek çalışmadan da anlaşılacağı üzere, daha farklı sınıflandırıcı ve öznitelik çıkarma ve öznitelik seçimi algoritmalarının kullanımının araştırılmasına, böylece daha yüksek doğrulukla hata sınıflandırması yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, sensörlerden gelen verilerden çizilen Poincare grafiklerinden hesaplanan doğrusal olmayan özniteliklerin ve

bunların arasından ANOVA tabanlı istatistiksel anlamlılık ile seçilen özniteliklerin Topluluk Öğrenmesi sınıflandırıcı algoritmalarına uygulanmasıyla, daha yüksek doğrulukla hata tespiti yapıp yapılamayacağı araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Tennessee Eastman Process veri seti, 4 reaktif, 2 ürün, 1 yan ürün ve 1 inert bileşen olmak üzere toplam 8 kimyasal bileşenden oluşmaktadır [20]. Bu kimyasal süreçten basınç, seviye, mol oranı, sıcaklık, akış hızı ve kompresör güç çıktıları gibi sistemin özelliklerini kaydeden 52 farklı değişken elde edilmektedir. Bunlardan 11 tanesi operatörün kimyasal prosesin kontrol altında çalışmasını sağlamak için kontrol edebileceği akış hızı, karıştırıcı hızı ve valf pozisyonu gibi manipüle edilmiş değişkenlerdir.

Veri setindeki değişkenler, farklı veri dosyalarına karşılık gelen "Faulty_Free_Training", "Faulty_Free_Testing", "Faulty_Testing" ve "Faulty_Training" olarak adlandırılmıştır. Her bir veri dosyası 55 adet sütun veri içermektedir. Bunlardan "faultNumber" sütunu veri setindeki 1 ile 20 arasındaki arıza çeşidini (0 ise arıza olmaması durumunu) temsil etmektedir. "Sample" sütunu eğitim veri setinde 1 ile 500 arasında (test veri setinde ile 1 ile 960 arasında) alınan ölçümün sıra numarasını vermektedir. "xmeas_1" ile başlayıp "xmv_11" ile sonlanan (4 ile 55 arasındaki) sütunlar ise sensörlerden kayıt edilen değerleri vermektedir. Bu değerler her 3 dakikada bir kayıt edilen (yani örneklenen) eğitim veri setindeki 25 saatlik ve test veri setindeki 48 saatlik sensör verilerine karşılık gelmektedir.

Bu veri setinin normal olmayan koşulları tespit etme algoritmalarını karşılaştırmak için bu kadar yaygın olarak kullanılmasının ana nedeni, hatalı ve hatasız veri dosyası içermesidir. Teorik olarak, iyi bir normal olmayan koşulları tespit etme algoritması, hatasız veri kümesi için herhangi bir yanlış pozitif vermemeli ve aynı zamanda hatalı veri kümesinde ortaya çıkan 20 hatanın olabildiğince çoğunu yakalamalıdır.

2.2. Öznitelik Çıkarma

Doğrusal olmayan dinamiklerden alınan bir teknik olan Poincaré grafiği, x eksenindeki her verinin y eksenindeki sonraki verilere karşı çizilmesiyle oluşmaktadır [16,17]. Bu grafikte dağılımın genel şekli, zaman serilerinin dinamiklerini karakterize etmek için kullanılır. Poincaré grafiği, ham veri kümesi kullanılarak çizilir. Poincaré planının şekline bir elips yerleştirmek giderek daha popüler bir teknik haline gelmektedir [18]. Grafikteki noktaların mesafesinin standart sapması, elipsin genişliğini (SD1) ve uzunluğunu (SD2) temsil etmektedir. Şekil 1'de örnek bir Poincaré çizimi görülmektedir.



Şekil 1. Veri setindeki simulationRun=1, faultNumber=1 için xmeas_3 değerine ait Poincaré çizimi ve SD1-SD2 değerleri

Poincaré ölçümleri SD1 ve SD2 olup aşağıdaki formül (1) ve (2) ile hesaplanmaktadır [17,19]. Burada, SDSD ardışık farkların standart sapması ve SD ise verinin standart sapmasıdır.

$$SD_1 = \sqrt{\frac{1}{2}SDSD^2} = \text{std}\left(\frac{x_{i+1}-x_i}{\sqrt{2}}\right) \quad (1)$$

$$SD_2 = \sqrt{2(SD)^2 - \frac{1}{2}SDSD^2} = \text{std}\left(\frac{x_{i+1}+x_i}{\sqrt{2}}\right) \quad (2)$$

2.3. İstatistiksel Tabanlı Öznitelik Seçimi

Tek yönlü varyans analizi (ANOVA), ikiden fazla bağımsız grubun ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için kullanılır [14]. Bu çalışmada kullanılan prosesteki 20 farklı arıza çeşidi olduğu için, arızalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösteren sensörlerin ve özniteliklerin tespitinde ANOVA kullanılmıştır. ANOVA için tüm öznitelikler ve gruplar SPSS yazılımına yüklenmiş ve istatistiksel anlamlılık düzeyi %5 seçildiği için 0,05'den küçük p (anlamlılık) değeri veren öznitelikler seçilmiştir. Tek yönlü ANOVA gruplar arasında anlamlı fark olduğunu verse de hangi gruplar arasında fark olduğunu ve hangileri arasında fark olmadığını vermez [15]. Bunun için post-hoc testleri kullanılır. Bu çalışmada sadece istatistiksel anlamlı fark gösterdiğini bilmek yeterli olduğundan, post-hoc testleri uygulanmamıştır.

2.4. Sınıflandırıcı

Topluluk öğrenmesi (Ensemble learning), birkaç modeli birleştirerek makine öğrenimi sonuçlarının iyileştirilmesine yardımcı olur. Bu yaklaşım, tek bir modele kıyasla daha iyi tahmin performansı üretilmesine olanak tanır. Bu nedenle

topluluk öğrenmesi yöntemleri, Netflix Yarışması, KDD 2009 ve Kaggle gibi birçok makine öğrenimi yarışmasında birinci sırada yer almıştır [7, 8, 9].

Topluluk öğrenmesi yöntemleri, varyansı (bagging), sapmayı (boosting) azaltmak veya tahminleri iyileştirmek (stacking) için birkaç makine öğrenimi tekniğini tek bir tahmin modelinde birleştiren algoritmalarıdır. AdaBoost gibi temel öğrencilerin sıralı olarak üretildiği toplu yöntemler ve Random Forest gibi paralel yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Sıralı yöntemlerin temel motivasyonu, temel öğrenenler arasındaki bağımlılıktan yararlanmaktır. Performans, önceden yanlış etiketlenmiş örnekleri daha yüksek ağırlıkla tartarak artırılabilir. Paralel yöntemlerin temel motivasyonu, temel öğrenenler arasındaki bağımsızlıktan yararlanmaktır. Sınıflandırıcı genel hatası, öğrencilerin ortalaması alınarak önemli ölçüde azaltılmaktadır. Çoğu topluluk öğrenmesi yöntemi, homojen temel öğrenenler, yani aynı türden öğrenenler üretmek için tek bir temel öğrenme algoritması kullanır ve bu da homojen topluluklara yol açar [12].

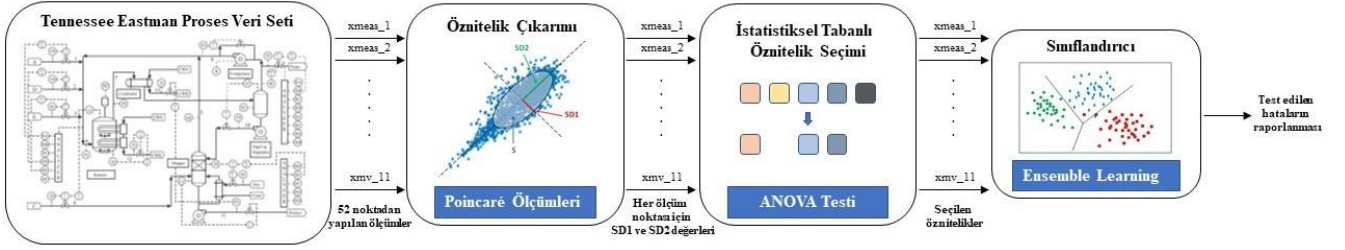
Bu çalışmada kullanılan veri seti, test ve eğitim olmak üzere rasgele seçilen örneklerden oluşan iki gruba ayrılmıştır [13]. Eğitim grubuna ait verilerle sınıflandırıcı eğitimleri yapılırken, test grubu verileriyle sınıflandırıcı başarımları hesaplanmıştır. Bunun için topluluk öğreniminin Boosted Trees, Bagged Trees, Subspace Discriminant, Subspace KNN ve RUSBoosted Trees metotları kullanıldı. Bu metotların performans karşılaştırması Doğruluk (Accuracy) ile yapılmıştır [3].

$$\text{Doğruluk} = \frac{\text{Doğru sınıflandırılan örnek sayısı}}{\text{Toplam örnek sayısı}} \quad (3)$$

2.5. Uygulama

Tennessee Eastman Process'den alınan veriler, Poincare plot ölçümleri kullanılarak hesaplandı ve SD1 ve SD2 değerlerini içeren bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti kullanılarak 20 farklı hatayı sınıflandırmak için Topluluk Öğrenmesi algoritmaları (Boosted Trees, Bagged Trees, Subspace Discriminant, Subspace KNN ve RUSBoosted Trees) koşuturulmuştur. Daha sonra, bu veri seti içindeki Poincare

ölçümlerinden hangilerinin %5 anlamlılık düzeyinde hata türleri arasında farklılık gösterdiğini bulmak için tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Bu istatistiksel olarak seçilen Poincare özelliklerinin oluşturduğu yeni veri seti kullanılarak 20 farklı hatayı sınıflandırmak için aynı sınıflandırıcı algoritmaları koşuturulmuştur. Tüm sınıflandırıcıların başarımları doğru olarak sınıflandırdıkları hata sayısının tüm hata sayısına oranı olarak formül (3) kullanılarak hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Şekil 2'de önerilen arıza tespit sisteminin çalışması özetlenmektedir.



Şekil 2. Önerilen arıza tespit sistem şeması

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, Poincaré ölçümleri (bir başka deyişle SD1 ve SD2 değerleri) bulundu ve elde edilen veri seti ile ölçümler arasında anlamlı farklılık olanları bulmak için tek yönlü ANOVA testi kullanıldı. Bu test sonucunda 24, 26, 32, 37, 39,

40 ve 41 nolu sensörlere ait SD1 ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı fark göstermediği tespit edildiğinden, bu öznitelikler veri setinden çıkarılarak yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Tüm Poincaré ölçümlerinden ve istatistiksel olarak seçilen Poincaré ölçümlerinden 20 farklı hatayı sınıflandırmak için kullanılan Topluluk Öğrenimi metotları ve doğruluk yüzdeleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Ham Poincaré ölçümleri ve tek yönlü ANOVA ile seçilmiş Poincaré ölçümlerinin farklı topluluk öğrenim metotlarındaki başarı yüzdeleri

Topluluk Öğrenmesi Algoritmaları	Tüm Özniteliklerin Kullanıldığı Zaman Sınıflandırıcı Doğruluğu	Sadece ANOVA ile Seçilen Özniteliklerin Kullanıldığı Zaman Sınıflandırıcı Doğruluğu
Boosted Trees	%79,0	%81,5
Bagged Trees	%70,0	%70,5
Subspace Discriminant	%89,5	%89,5
Subspace KNN	%53,5	%51,5
RUSBoosted Trees	%73,0	%76,5

Tablo 1'e göre, Subspace Discriminant algoritması %89,5 ile en yüksek sınıflandırıcı doğruluğunu vermiştir. Öznitelik seçimi yapılan ve yapılmayan veri setlerine ait sınıflandırıcı

algoritmalarının doğrulukları kıyaslandığında, aralarında küçük farklar bulunduğu görülmektedir.

4. Tartışma

Arıza tespit ve teşhis teknolojisi endüstriyel proseslerin ve sistemlerin tutarlılığını, dayanıklılığını, güvenliğini sağlamak için en kritik bileşenlerden biridir. Bu çalışmada, hataları henüz oluşmadan tahmin edilmesi ve tedbir alınması için sensörlerden gelen verilerden hesaplanan Poincare çizimi öznitelikleri üzerinden Topluluk Öğrenmesi tabanlı bir uyarı sistemi geliştirilmiştir (Şekil 2).

Bu çalışmada hataları tahmin etmek ve sınıflandırmak için en etkili makine öğrenme yöntemlerinden biri olan Topluluk e-ISSN: 2148-2683

Öğrenmesinin farklı algoritmaları denenmiştir. Bu algoritmalar arasından Subspace Discriminant algoritması %89,5 sınıflandırıcı doğruluğu ile en yüksek performansı vermiştir. Çok yakın tarihli bir çalışmada, yine Poincaré ölçümleri kullanılarak en yakın k komşuluk (KNN) sınıflandırıcısı ile %55 sınıflandırıcı doğruluğuna ulaşıldığı görülmektedir [10]. Başka bir başka çalışmada ise destek vektör makineleri (SVM), PCA uygulanmış SVM ve çok katmanlı algılayıcı (MLP) sınıflandırıcıları kullanılarak sırasıyla %49,7, %67,3 ve %73,8 sınıflandırıcı doğruluklarına ulaşılabilmektedir [11]. Literatürde verilen bu az sayıdaki çalışma ile kıyaslandığında, bu çalışmada

elde edilen Topluluk Öğrenmesi sınıflandırıcısı en yüksek sınıflandırıcı başarımına ulaşmıştır. Üstelik önceki çalışmalarda, kullanılmayan bir doğrusal olmayan öznelikler arasında yer alan Poincare Çizimi özneliklerinin de etkili olduğu görülmektedir. Takip eden çalışmalarda, diğer iyi bilinen makine öğrenmesi algoritmalarının, öznelik çıkarma ve seçme yöntemlerinin kullanılmasıyla daha yüksek bir sınıflandırıcı performansının elde edilmesi hedeflenmektedir.

Kaynakça

[1] Chadha, G. S., & Schwung, A. (2017, September). Comparison of deep neural network architectures for fault detection in Tennessee Eastman process. In 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (pp. 1-8). IEEE.

[2] Hajhosseini, P., Anzehaee, M. M., & Behnam, B. (2018). Fault detection and isolation in the challenging Tennessee Eastman process by using image processing techniques. *ISA transactions*, 79, 137-146.

[3] D'Angelo, M. F., Palhares, R. M., Camargos Filho, M. C., Maia, R. D., Mendes, J. B., & Ekel, P. Y. (2016). A new fault classification approach applied to Tennessee Eastman benchmark process. *Applied Soft Computing*, 49, 676-686.

[4] Downs, J. J., & Vogel, E. F. (1993). A plant-wide industrial process control problem. *Computers & chemical engineering*, 17(3), 245-255.

[5] Ricker, N. L. (1996). Decentralized control of the Tennessee Eastman challenge process. *Journal of Process Control*, 6(4), 205-221.

[6] Nashalji, M. N., Shoorehdeli, M. A., & Teshnehlav, M. (2010). Fault detection of the Tennessee Eastman process using improved PCA and neural classifier. In *Soft computing in industrial applications* (pp. 41-50). Springer, Berlin, Heidelberg.

[7] Puurula, A., Read, J., & Bifet, A. (2014). Kaggle LSHTC4 winning solution. arXiv preprint arXiv:1405.0546.

[8] Niculescu-Mizil, A., Perlich, C., Swirszcz, G., Sindhvani, V., Liu, Y., Melville, P., ... & Zhu, Y. F. (2009, December). Winning the KDD cup orange challenge with ensemble selection. In *KDD-Cup 2009 Competition* (pp. 23-34). PMLR.

[9] Schclar, A., Tsikinovsky, A., Rokach, L., Meisels, A., & Antwarg, L. (2009, October). Ensemble methods for improving the performance of neighborhood-based collaborative filtering. In *Proceedings of the third ACM conference on Recommender systems* (pp. 261-264).

[10] Cancioğlu, E., Sahin, S., & Isler, Y. (2021). Fault Detection and Diagnosis on Process Control Systems Using k-Nearest Neighbors from Poincare Plot Measures. In *International Conference on Applied Sciences, Engineering and Mathematics (ICASEM'2021)*, ACCEPTED, Skopje, North Macedonia.

[11] Mireles Gonzalez, J. I. (2018). Deep recurrent neural networks for fault detection and classification (M.Sc. Thesis, University of Waterloo).

[12] Duda, R. O., Hart, P. E. & Stork, D. G. (2001). *Pattern Classification*. New York: John Wiley and Sons, 2nd Edition.

[13] Isler, Y., Narin, A. & Ozer, M. (2015). Comparison of the effects of cross-validation methods on determining performances of classifiers used in diagnosing congestive heart failure. *Measurement Science Review*, 15(4), 196-201.

[14] Narin, A., Isler, Y. & Ozer, M. (2014). Investigating the performance improvement of HRV Indices in CHF using feature

selection methods based on backward elimination and statistical significance. *Computers in Biology and Medicine*, 45, 72-79.

[15] Akgul, A. (2003). *Tıbbi Araştırmalarda İstatistiksel Analiz Teknikleri: SPSS Uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık, Ankara, Turkey.

[16] Isler, Y. & Kuntalp, M. (2007). Combining classical HRV indices with wavelet entropy measures improves to performance in diagnosing congestive heart failure. *Computers in Biology and Medicine*, 37(10), 1502-1510.

[17] Isler, Y. (2009). *A Detailed Analysis of the Effects of Various Combinations of Heart Rate Variability Indices in Congestive Heart Failure*. PhD thesis, Department of Electrical and Electronics Engineering, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylül University.

[18] Marciano, M. L., Migaux, F., Acanfora, D., Furgi, G. & Rengo, R. (1994). Quantification of poincare maps for the evaluation of heart rate variability. *Computers in Cardiology*, 1994, 557-580.

[19] Brennan, M., Palaniswami, M. & Kamen, P. (2001). Do existing measures of poincare plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 48(11), 1342-1347.

[20] Chen, X. (2019). Tennessee Eastman simulation dataset. *IEEE Dataport*, <https://dx.doi.org/10.21227/4519-z502>.



A Novel Docking Algorithm Based on the LiDAR and the V-shape Features

Sercan Çağdaş Tekkök¹, Bekir Bostancı², Mehmet Emre Söyünmez³, Pınar Oğuz Ekim^{4*}

^{1*} İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, cagdastekkok@gmail.com

² İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, bekirbostanci@gmail.com

³ İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, emresoyunmez@gmail.com

⁴ İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1860-4526), pinar.ekim@ieu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.947521)

ATIF/REFERENCE: Tekkök, S. C., Bostancı, B., Söyünmez, M. E. & Oğuz Ekim, P. (2021). A Novel Docking Algorithm Based on the LiDAR and the V-shape Features. *European Journal of Science and Technology*, (26), Xx-Xx.

Abstract

This paper presents a feature based docking strategy with a LiDAR for a non holonomic mobile platform to be charged at the charging station. The docking station has only a V-shape structure to be detected from the LiDAR scans. The proposed docking algorithm consists of three main sections which are the localization of the V-Shaped feature with the LiDAR measurements, the path generation with a quintic polynomial and the Proportional Integral Derivative (PID) implementation to track the generated points of the path and correct the yaw angle along the way. Once the relative position of the docking station is detected by matching the synthetically generated V-shape feature with the current Lidar scans, the trajectories are generated by calculating the coefficients of the quintic polynomial. Afterwards, the initial states, the states and the yaw angles at the points along the path are taken as inputs and the algorithm corrects the robot's yaw angle as it follows the path by a PID control. The algorithm is both tested within the simulation environment and the real test environment. The platform docks with a good accuracy which is around ± 2 cm in x and y , $\pm 1^\circ$ in θ . With the proposed strategy, additional sensors are not necessary on the platform or on the charging station. Moreover, the robot can navigate even in the absence of light with a good accuracy. Hence, a cheaper solution is obtained for an important problem of autonomous mobile robotic applications.

Keywords: Non holonomic platform, Feature based docking, LiDAR.

V-şekil Özelliklerine ve Lidar Sensörüne Dayalı Yeni Bir Kenetlenme Algoritması

Öz

Bu çalışma, şarj istasyonunda şarj edilecek holonomik olmayan bir mobil platform için LiDAR ile özellik tabanlı bir kenetlenme stratejisi sunar. Şarj/kenetlenme istasyonu, LiDAR taramalarından tespit edilebilecek yalnızca V şeklinde bir yapıya sahiptir. Önerilen yerleştirme algoritması, V-şekil özelliğinin LiDAR ölçümleriyle bulunması, beşli polinom ile yol oluşturulması ve yolun oluşturulan noktalarını izlemek ve düzeltmek için Orantılı İntegral Türev (PID) uygulaması olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Sentetik olarak oluşturulan V-şekli özelliği mevcut Lidar taramaları ile eşleştirilerek kenetlenme istasyonunun göreceli konumu tespit edildiğinde, beşli polinomun katsayıları hesaplanarak yörüngeler oluşturulur. Daha sonra, yol boyunca noktalardaki başlangıç durumları, durumlar ve sapma açıları girdi olarak alınır ve algoritma, PID kontrolü ile yolu takip ederken robotun sapma açısını düzeltir. Algoritma hem simülasyon ortamında hem de gerçek test ortamında test edildi. Platform, x ve y 'de ± 2 cm, θ 'de $\pm 1^\circ$ civarında olan iyi bir doğrulukla yanaşmaktadır. Önerilen strateji ile platformda veya şarj istasyonunda ek sensörler gerekli değildir. Üstelik robot, ışık olmadığında bile iyi bir doğrulukla hareket edebilir. Böylelikle otonom mobil robotik uygulamalarının önemli bir problemi için daha ucuz bir çözüm elde edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Holonomik olmayan platform, Özellik tabanlı kenetlenme, LiDAR.

* Corresponding Author: pinar.ekim@ieu.edu.tr

1. Introduction

Mobile robots have the ability to travel on all free spaces of an environment. The flexibility is achieved through more complex navigation systems and more powerful sensors. A particular problem raised upon the use of mobile robots is the docking procedure, where the three variables (position and orientation) have to be controlled in a 2D space. The automatic recharging, just one function of the docking station, is essential for achieving a long-term autonomy (Zhang et al., 2018). There are several docking methods which use different sensors and algorithms in the literature as explained in the following paragraphs.

Some of the previous works exploited infrared (IR) emitter-receiver pairs to align their modules for docking due to its low-cost, small size and low power consumption. The docking mechanism deploys the Extended Kalman Filter (EKF) to fuse the measurements from IR and encoders to estimate the orientation and distance. After that these informations are used to align two modules in order to connect (Won et al., 2015). The authors of (Mira Vaz et al., 1997) installed two infrared scanners on the mobile platform to be able to detect the passive reflectors mounted on the docking station. The location of the mobile robot is always taken relative to the docking station by exploiting the triangulation. A similar method with two IR detectors attached to the docking station was proposed in (Song et al., 2015). A surveillance robot moves parallel to the docking station until two IR sensors detect the robot and then the robot rotates 90 degree to face with the station. Five IR LEDs, which are installed in the docking station, divide the docking area into nine regions (Kim et al., 2005). Additionally, the docking station is composed of a toggle switch and of two clasps to improve the robot posture which approaches with an offset and an angle error. Six IR sensors used by the receiver are located at the front and the side of the robot. Kobuki's docking algorithm uses three IR receivers on the TurtleBot and three IR-Emitters on the docking station (Testing automatic docking, 2021). The IR emitters on the docking station divide the docking field into three regions. And for each region the near field and the far field are described. The infrared sensors are cheap but they are prone to errors due to the IR beam reflection and the ordinary day light.

Vision based docking systems are another solution. The object recognition algorithms were integrated with the navigation control strategies in (Kartoun et al., 2009). A visual tag, which is placed on the docking station, is detected by the vision based docking system (Santos et al., 2017). The tag relative position and orientation is obtained and then the robot's trajectory is calculated for the docking approach. A cubic Bezier Curve was used in which the starting point is the position of the robot at the moment when it saw the tag and the end point is the position of the tag at that every moment. In the same article, the authors compared the performance of the docking algorithm with different tags. A drawback of the traditional vision based solutions is that the necessity of light.

A LiDAR sensor can be used with or without day light. The authors of (Rosa et al., 2014) exploits Censi's Canonical Scan Matcher (Censi 2008) with a pretty expensive LiDAR. Another docking algorithm, which uses features as a landmark, was proposed in (Rowe, 2020). To extract the dock, the points that belong to the dock is identified by using Euclidean clustering using nearest neighbours. Once the raw point clouds have been divided into clusters, each cluster is processed to extract any

existing lines by using RANSAC. The parametrized dock model and the detected lines are matched by searching through all clusters. After that the iterative closest point algorithm is applied to find the transformation between the robot's coordinate frame and the dock's coordinate frame.

Fusing the information from different sensor types is employed in the literature. For example, the direction information is obtained from an IR sensor and the distance information from an ultrasound sensor (Sreenivas M. V. And Shivakumar M., 2019). The authors of (Quilez et al., 2015) proposed using QR code landmarks and IR distance sensors to enable the autonomous docking. The datamatrix is physically attached to a wall, its pose is computed using the calibrated RGB camera (Marostica et al., 2014). The laser scanner is exploited to compute the wall parameters. Later, the motion planner utilizes the matched datamatrix and the scanned wall's line information.

In order to the pins to be in contact with the metal on the base, the positioning of the robot must be very precise and the standard localization and path planning do not offer enough precision for the task. This paper presents a docking procedure for a nonholonomic mobile robot which is based on LiDAR scan data and a V-shape feature at the charging station. The novel methodology combines the trajectory generation and following, together with a LiDAR based localization system. Hence with this strategy, we do not need additional sensors on the platform and, the robot can navigate in the absence of light with a good accuracy.

Section 2 describes the configuration of the experimental setup. The sensor data and the associated signal processing localization algorithm are described in Section 3. The trajectory generation is represented in Section 4. Extensive experimental tests were conducted, some of which are presented in Section 5. The paper concludes with the presentation of conclusions and directions for the future works in Section 6.

2. The System Configuration

The system consists of two main sensors, a main computer and a micro-controller to process and pass the information to the computer which utilizes Robot Operating System (ROS) for communication. The RPLidar and the odometry data are used as sensors' measurements and the data are collected with ESP32 which passes the information to the main computer with ROS. A V-shaped feature is placed on top of the charging station (Fig. 1), which is located near the wall. Its location is approximately known, from the map data that priorly obtained with G-mapping (Grisetti et al., 2005) to the robot so it can navigate somewhere near to the station to start the docking process. Once the docking is finished both positive and negative terminals of the charging station are expected to contact with the battery terminals of the robot in Fig. 2



Figure 1 Station Picture



Figure 2 Robot Docking Side

3. Algorithms

The docking algorithm has three main sections which are the localization of the V-Shaped feature with the LiDAR measurements, the path generation with a quintic polynomial and the Proportional–Integral–Derivative (PID) implementation to track the generated points of the path and correct the angle along the way.

3.1. Localization with LiDAR data

To achieve a successful docking, firstly the exact location of the station should be determined, so that a path that leads to it can be generated. This is achieved by LiDAR measurements, which outputs 2D point clouds with 360 samples each refers to 1°. However, the exact shape of the feature should be known to the algorithm so that it can match that with the measurements of LiDAR and detect the feature. Therefore, a sample feature measurement is generated synthetically with 60 samples on the computer that exactly matches the dimensions of the real life feature which is placed on top of the station. The matching algorithm takes the advantage of euclidean distances to calculate the error between the samples and the measurements. The sample shape is also rotated for 360° at each measured point and the matched points are calculated for every iteration. An example of the matched feature and the measurement data can be seen in Fig. 3.

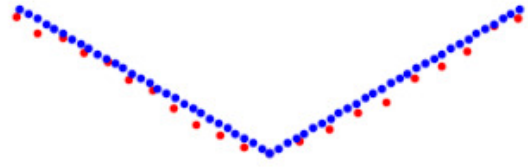


Figure 3 Blue: Reference Feature, Red: LiDAR Scan Data

In order to achieve a more accurate position and angle at the end of the docking, the robot can set the goal to the middle of the trajectory and re-run the localization segment with a higher precision to correct itself. However, since the localization process rotates the reference feature point 360° at each one of the 360 LiDAR points, it takes around 35 seconds, which is not very time-efficient. Although it is possible to run the algorithm as it is, some changes can be made to accelerate the localization process at the second step to approximately be 3 seconds (by neglecting the unnecessary points and rotations). To do so it is needed to know where will the feature be, once the robot moves to the midpoint. Therefore, $\vec{r}_{o_2o_3}$ vector is defined that it gives the coordinates of the feature at the second frame (the mid state in Fig. 4) (Özğören, 2020) as follows

$$\{\vec{r}_{o_2o_3} = \vec{r}_{o_2o_1} + \vec{r}_{o_1o_3} = -\vec{r}_{o_1o_2} + \vec{r}_{o_1o_3}\}^{(2)} \quad (1)$$

The heading angle difference between two points is defined by

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad (2)$$

and the transformation matrix \hat{C} is defined by

$$\hat{C}^{(1,2)} = \begin{bmatrix} \cos\Delta\theta & -\sin\Delta\theta \\ \sin\Delta\theta & \cos\Delta\theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

Once the transformation is applied to the \vec{r} to get them in the initial frame, the following equations are obtained

$$\vec{r}_{o_2o_3}^{(2)} = -\hat{C}^{(2,1)}\vec{r}_{o_1o_2}^{(1)} + \hat{C}^{(2,1)}\vec{r}_{o_1o_3}^{(1)} \quad (4)$$

$$\vec{r}_{o_2o_3}^{(2)} = \hat{C}^{(1,2)T}(\vec{r}_{o_1o_3}^{(1)} - \vec{r}_{o_1o_2}^{(1)}) \quad (5)$$

$$\vec{r}_{o_2o_3}^{(2)} = \hat{C}^{(2,1)} \begin{bmatrix} x_g - x'_g \\ y_g - y'_g \end{bmatrix} \quad (6)$$

After some simplifications, the coordinates of the goal point is found in (6) where $\hat{C}^{(1,2)T} = \hat{C}^{(2,1)}$.

These neglected features are decided by getting the position and the yaw of the robot from the proposed derivations so the location of the feature will be estimated at the midpoint. Thus, when the robot is at the mid state as in Fig. 4, all the unnecessary LiDAR measurements can be disregarded and the reference feature rotations will be far less than 360 degrees this time instead. Hence the number of iterations will be lowered.

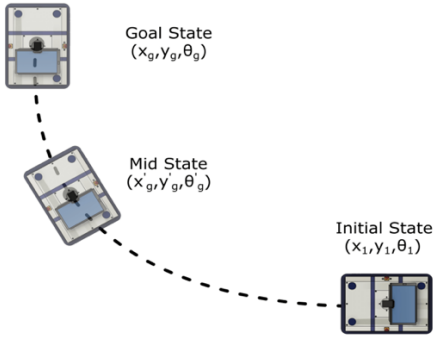


Figure 4 The position and the orientation of the robot at the initial state, the mid state and the goal state

3.2. A trajectory sample for reaching a goal with 2 steps

Once the location of the feature is found with respect to the robot, it is now possible to generate a path to this goal. This will be achieved by the quintic polynomial approach for one dimensional robot motion as described in (Takashi et al., 1989) and it is given as follows

$$x(t)=a_0+a_1t+a_2t^2+a_3t^3+a_4t^4+a_5t^5 \quad (7)$$

where $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4,$ and a_5 are the quintic polynomial coefficients. Since the starting and the stopping points are known, the starting position, the velocity, and the acceleration are taken as x_s, v_s and a_s respectively. $x_e, v_e,$ and a_e are the ending position, the velocity, and the acceleration, respectively. At time $t= 0$

$$x(0)=a_0=x_s. \quad (8)$$

Differentiating the equation (7), the following formulations are obtained

$$x'(t) = a_1 + 2a_2t + 3a_3t^2 + 4a_4t^3 + 5a_5t^4, \quad (9)$$

$$x'(0) = a_1 = v_s. \quad (10)$$

Then, differentiating the equation (9) with t again,

$$x''(t) = 2a_2 + 6a_3t + 12a_4t^2, \quad (11)$$

$$x''(0) = 2a_2 = a_s. \quad (12)$$

a_0, a_1 and a_2 can be calculated by using (8), (10) and (12) and the boundary conditions. $a_3, a_4,$ and a_5 are still unknown in (7). Assume that the end time for a maneuver is T , the following equations can be obtained from (7), (9) and (11)

$$x(T) = a_0+a_1T+a_2T^2+a_3T^3+a_4T^4+a_5T^5 = x_e \quad (13)$$

$$x'(T)=a_1+2a_2T+3a_3T^2+4a_4T^3+5a_5T^4=v_e \quad (14)$$

$$x''(T) = 2a_2 + 6a_3T + 12a_4T^2 + 20a_5T^3 = a_e \quad (15)$$

By exploiting (13), (14) and (15), $a_3, a_4,$ and a_5 can be calculated by solving the linear system in (16)

$$\begin{bmatrix} T^3 & T^4 & T^5 \\ 3T^2 & 4T^3 & 5T^4 \\ 6T & 12T^2 & 20T^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_e - x_s - v_sT - 0.5a_sT^2 \\ v_e - v_s - a_sT \\ a_e - a_s \end{bmatrix} \quad (16)$$

Once all the coefficients are found, it is possible to generate the path as shown in Fig. 5. As a final step, this function will be sampled and each point will be given to the PID as goals so that each iteration angle can be corrected to follow the path which will be discussed in the next section.

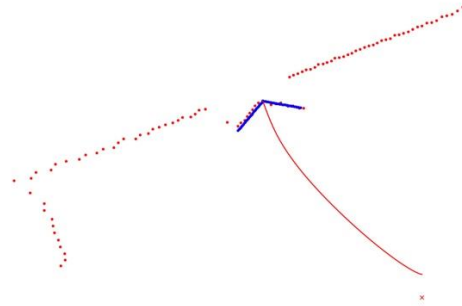


Figure 5 The calculated route, where the blue dots represent the reference pattern, while the red dots and 'x' indicates the LiDAR data and the LiDAR location on the robot respectively.

3.3. PID Path Following

PID controller, which is variously used in control systems, works as a control loop that gives a feedback to adjust and correct the system. After getting the path that needs to be tracked from the previous part, the PID can be initiated. The initial states, and the yaw at the points along the path are taken as inputs and the algorithm corrects the robots yaw angle as it follows the path. Here, the error is calculated at each step as follows:

$$\varepsilon = \arctan(\delta_y, \delta_x) - \theta, \quad (17)$$

where, ε is error between the goal angle and the robot angle, δ_y and δ_x are the differences in x and y positions between the goal and the current states and θ is the current angle. The robot is driven with the linear velocity of 0.08 m/s and the angular velocity is calculated as:

$$\omega = K_P \varepsilon + K_I \int \varepsilon + K_D \dot{\varepsilon}. \quad (18)$$

Here K_P, K_I and K_D are the PID constants, which are obtained from PID-tuning, ε is the cumulated error and e is the previous error.

4. The Trajectory Generation and Following

The proposed solution to the docking problem consists of locating the feature in the LiDAR measurements, generating the direct path to the designated location with the quintic polynomial approach and following the generated path with a PID control. There are two sensory inputs: the LiDAR information as one shot measurements and the odometry data as continuous input to the system. An example of generated routes can be seen in Fig. 6.

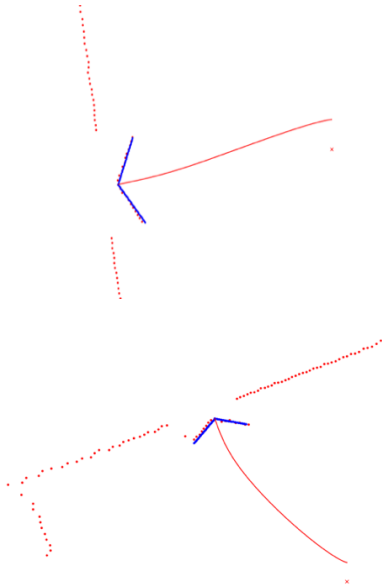


Figure 6 Red curve: Generated path of the algorithm, Blue V-shape: the sample feature matched with measurements, Red dots: LiDAR measurements

The matched sample feature is depicted with blue dots and the LiDAR measurements are given as red dots. The red "x" mark shows the LiDAR's location and the red line shows the generated path which starts at the robot's center next to the "x" mark. After the trajectory is sampled and fed to the PID controller, the robot can finish docking.

5. Results and Discussion

The experiments were conducted with the aforementioned algorithms. With only one step structure without the mid state, the system was able to generate a path to the station and docked with 8 centimeters error and ± 3 degrees difference. Although it was fairly accurate, the springs behind the connectors are short and strong and this may cause a connection problem. Therefore, the docking process was splitted into two main steps as explained in 3.1 and 3.2. Each step includes the detection of the V-shaped feature, the quintic path generation and the path tracking. Instead of going straight to the station, the goal now is moved 1 meter in front of the station as shown in Fig. 7 and the first step is repeated at that location as shown in Fig. 8. The second step is resulted in a more accurate docking with approximately 2 centimeters error and ± 1 degree difference.



Figure 7 The goal point is set to 1 meter in front of the reference point



Figure 8 The model is executed again with a higher precision and accuracy, the goal point is set 0.5 meter in front of the reference point since in the docked state, the distance between the center of the robot and reference point is 50 centimeters.

6. Conclusions and Recommendations

This paper presented a novel docking method without any extra sensors such as Camera to detect the QR codes or IR. It just exploited on-board sensors which are already used for mapping and navigation of the robot. The experiments showed that the docking with a single step as described in Section 5 results in an inaccurate docking compared to two-step case which includes the same cycle that is done in the first step but it started in almost midway to the goal. Although it adds some delay to the whole process, the delay can be minimised by narrowing down the search area to the previously found feature and search it again around those angles of LiDAR measurements. This speeds up the search process which is the most costly part of the system in terms of the calculation time. As a future work, the model will be optimized in order to acquire better accuracy and speed. Moreover, the precision rate of Section 3.1 will be adjusted according to the distance between the robot and station autonomously.

7. Acknowledge

This research is supported by Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK), project number 119E376.

References

- Zhang Z., Meng Y., Song B., Meng X. and Li J. (2018). Design and implementation of an automatic charging system for intelligent patrol robot. *System Science and Control*, vol. 6, no. 3, pp. 19-27, 2018.
- Won P., Biglarbegian M., and Melek W. (2015). Development of an Effective Docking System for Modular Mobile Self-Configurable Robots Using Extended Kalman Filter and Particle Filter. *Robotics*, vol. 4, pp. 25-49.
- Mira Vaz P., Ferreira R., Grossmann V. and Ribeiro M. I. (1997). Docking of a mobile platform based on infrared sensors. *IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics*, July 1997, Guimaraes, Portugal.
- Song G., Wang H., Zhang J., and Meng T. (2011). Automatic Docking System for Recharging Home Surveillance Robots. *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 57, no. 2, May.
- Kim K. H., Choi H.D., Yoon S., Lee K. W., Ryu H.S., Woo C. K., and Kwak Y.K., 2005. Development of Docking System for Mobile Robots Using Cheap Infrared Sensors. *1st Int. Conf. on Sensing Technology*, November, Palmerston North, New Zealand.
- Testing Automatic Docking. Accessed:2021-02-22, <http://wiki.ros.org/kobuki/Tutorials/AutomaticDocking>.
- Kartoun U., Stern H., Edan Y., Feied C., Handler J., Smith M., and Gillam M., (2006). Vision Based Autonomous Robot Self-Docking and Recharging. *World Automation Congress*, July, Budapest, Hungary.
- Santos L., Neves dos Santos F., Mendes J., Ferraz N., Lima J., Morais R., and Costa P., (2017). Path Planning for Automatic Recharging System for Steep-Slope Vineyard Robots. *ROBOT 2017: Third Iberian Robotics Conference, Advances in Intelligent Systems and computing*, vol. 693, Springer.
- Rosa S., Russo L. O. and Bona B., 2014. Towards a ROS based autonomous cloud robotics platform for data center monitoring. *Proceedings of the 2014th IEEE Emerging Technology and Factory Automation*, pp. 1-8, Barcelona, Spain.
- Censi A., 2008. An icp variant using a point-to-line metric. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 19–25.
- Rowe C., 2020. Docking Solution for Autonomous Mobile Robots. *M.Sc. Thesis*, Department of Engineering, Trinity College, Ireland.
- Sreenivas M. V. And Shivakumar M., 2019. Sensor Guided Docking of Autonomous Mobile Robot for Battery Recharging. *Int. Jour. of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, no. 4.
- Quilez R., Zeeman A., Mitton N., and Vandaele J., 2015. Docking autonomous robots in passive docks with infrared sensors and QR codes. *Int. Conf. on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities*, June, Vancouver, Canada.
- Marostica M., Bullo M., Moro M., Dughiero F., and Menegatti E., 2014. A wireless recharging system for electrical agriculture robots with autonomous docking. *Computer Science*.
- Grisetti G., Stachniss C., and Burgard W., 2005. Improving grid-based slam with rao-blackwellized particle filters by adaptive proposals and selective resampling. *In Proceedings of the 2005 IEEE International conference on robotics and automation (ICRA)*, 2432-2437.
- Özğören M.K., 2020. Kinematics of General Spatial Mechanical Systems. Wiley, 2020.
- Takahashi A., Hongo T., Ninomiya Y., and Sugimoto G., 1989. Local Path Planning And Motion Control For Agv In Positioning. *IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems (IROS '89), The Autonomous Mobile Robots and Its Applications*, Tsukuba, Japan, 1989, pp. 392-397.



TV ve Set Üstü Cihaz Arayüzlerinin Kullanılabilirliğinin Değerlendirmesinde Makine Öğrenmesinin Kullanımı

Aycan Pekpazar^{1*}, Çiğdem Altın Gümüşsoy²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9329-6936), kayaayca@itu.edu.tr

² İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2925-0954), altinci@itu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.946025)

ATIF/REFERENCE: Pekpazar, A. & Gümüşsoy Altın, Ç. (2021). TV ve Set Üstü Cihaz Arayüzlerinin Kullanılabilirliğinin Değerlendirmesinde Makine Öğrenmesinin Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 41-46.

Öz

Teknoloji alanındaki hızlı gelişmelerle birlikte günümüzde geleneksel TV'ler birçok yeni özellik kazanarak akıllı TV'lere dönüşmüştür. Bu dönüşümle birlikte TV arayüzlerinin karmaşıklığı da giderek artmış ve kullanılabilirlik problemlerine sebep olmaya başlamıştır. Kullanılabilirlik problemlerinin ürün tasarımının erken aşamalarında belirlenmesi firmaların maliyetlerini düşürmekte ve müşterilere daha kullanılabilir sistemler sunulabilmektedir. Ancak kullanılabilirlik değerlendirmesinin çeşitli aşamaları uzman görüşlerine dayanmakta ve uzun süreler almaktadır. Makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknolojileri pek çok alanda olduğu gibi kullanılabilirlik değerlendirmesinde de bazı süreçlerin otomasyonu ile süreçlerin hızlandırılması konusunda kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı kullanılabilirlik problemlerinin öncelik düzeyleri açısından belirli örüntülere sahip olup olmadığını ilişkilendirme kuralları tekniği ile araştırmak ve çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları (naive bayes, lojistik regresyon, hızlı geniş marjin, derin öğrenme, rastgele orman, gradyan artırma ağaçları, destek vektör makineleri teknikleri) yardımıyla kullanılabilirlik problemlerini önceliklerine göre sınıflandırmaktır. Bu amaçla Türkiye'nin önde gelen dijital platformlarından birisi olan Digitürk'ten TV ve set üstü cihaz arayüzünün yazılımcılar tarafından değerlendirilmesi sonucunda elde edilen 3695 problem temin edilmiştir. Elde edilen veri incelenerek toplamda kullanılabilirlikle ilgili 2752 problem belirlenmiştir. Analizler öncesinde metinlerden oluşan veri seti, sözcüklerine ayırma (tokenization), filtreleme, kök bulma (stemming) gibi ön işlemlerden geçirilerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Çalışma kapsamında öncelik düzeyleri açısından kullanılabilirlik problemlerinin sahip olduğu örüntüler tespit edilmiştir. Ayrıca kullanılabilirlik problemleri farklı eğitim/test verisi oranları (50/50, 55/45, 60/40, 65/35, 70/30, 75/25, 80/20, 85/15, 90/10, 95/5) kullanılarak önceliklerine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma algoritmalarının performansları doğruluk oranı ve F1-skor metrikleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda öncelik düzeylerine göre sınıflandırmada en yüksek doğruluk oranını (%76,21) destek vektör makineleri algoritması verirken en yüksek F1-skor değerini ise (%79,51) ile derin öğrenme algoritması vermiştir.

Anahtar Kelimeler: TV, Set üstü cihaz, Kullanılabilirlik Problemleri, Önceliklendirme, Makine öğrenmesi, Metin madenciliği.

The Use of Machine Learning in Evaluating the Usability of TV and Set-Top Boxes Interfaces

Abstract

With the rapid developments in technology, today traditional TVs have gained many new features and turned into smart TVs. With this transformation, the complexity of TV interfaces gradually has increased and started to cause usability problems. Identifying usability problems in the early stages of the product design reduces the costs of companies and provides more usable systems to customers. However, the various stages of usability evaluation are based on expert opinion and take a long time. Machine learning and artificial

* Sorumlu Yazar: İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9329-6936, kayaayca@itu.edu.tr

intelligence technologies can be used in usability evaluation as in many areas to automate and speed up the processes. This study aims to investigate whether usability problems have certain patterns in terms of importance levels using the association rules technique and to classify usability problems with the help of various machine learning algorithms (naive bayes, logistic regression, fast large margin, deep learning, random forest, gradient boosted trees, support vector machines) according to their importance levels. For this purpose, 3695 problems of a TV and set-top box interface determined by the software developers were obtained from Digiturk, which is one of Turkey's leading digital platforms. By examining the problems obtained, in total 2752 usability problems were determined. Before the analyze, the data set consisting of texts was made ready for analysis by pre-processing such as tokenization, filtering, stemming. As a result of the study, the patterns of usability problems according to their importance levels were obtained by using the association rules technique. Furthermore, usability problems were classified according to their priorities using different training/test data splitting ratios (50/50, 55/45, 60/40, 65/35, 70/30, 75/25, 80/20, 85/15, 90/10, 95/5). The performances of the classification algorithms were compared according to accuracy rate and F1-score metrics. As a result of the study, support vector machines had the highest accuracy level (76.21%) and deep learning algorithms had the highest F1-score (%79,51) in the classification of usability problems according to priority levels.

Keywords: TV, Set-top box, Usability, Machine learning, Text mining.

1. Giriş

Günümüzde hızlı teknolojik gelişmelerle birlikte evlerimizde kullandığımız geleneksel televizyonlar VOD (talep üzerine görüntü), internete bağlanma, oyun oynama, online alışveriş, sosyal medya platformlarına bağlanma gibi özellikler kazanarak giderek bilgisayarlara benzemeye başlamıştır. Her yeni eklenen özellikle birlikte TV arayüzlerinin karmaşıklığı da giderek artmış ve kullanılabilirlik problemlerine sebep olmaya başlamıştır. Kullanıcı ile doğrudan etkileşimi sağlayan kullanıcı arayüzlerinin kullanılabilirliği, geliştirilen yazılımın ve ürünün kalitesini belirleyen ve müşteri memnuniyetini (Lee vd., 2015; Dianat vd., 2019) etkileyen en önemli unsurlardan biridir.

Kullanılabilirlik, kullanıcı arayüzlerinin ne kadar kolay kullanılabilirliğini gösteren bir kalite özelliğidir (Nielsen, 1993). ISO tarafından ise kullanılabilirlik; "Belirli kullanıcıların belirli ortamlarda belirli görevleri etkili, verimli ve memnuniyet içerisinde gerçekleştirme seviyesi" olarak tanımlanmıştır (ISO, 9241-11,1998). Kullanılabilirlik kullanıcı testleri, sezgisel değerlendirme, anketler, bilişsel çözüm yolu gibi pek çok farklı yöntem kullanılarak değerlendirilmektedir. Ancak geleneksel kullanılabilirlik değerlendirmesi uzun zaman almakta ve çok fazla insan gücü gerektirmektedir (Ivory ve Hearst, 2001; Boza vd., 2014; El-Halees, 2014). Kullanılabilirlik değerlendirmesinin çeşitli süreçlerinin otomasyonu sayesinde kullanılabilirlik değerlendirmesinin süresi, maliyetleri ve uzman ihtiyacı azaltılabilir, değerlendirme süresi kısılacağı için daha fazla özelliğin ve alternatif tasarımın değerlendirilmesi mümkün olabilirken değerlendirmelerin tutarlılığı da artırılabilir (Ivory ve Hearst, 2001). Bu sürecin otomasyonu ile ilgili literatürde sınırlı sayıda da olsa çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların genel amacı çeşitli veri madenciliği tekniklerini kullanılabilirlik değerlendirmesinde kullanarak kullanılabilirlik problemlerindeki örüntüleri ve kullanılabilirlik faktörleri arasındaki ilişkileri bulmaktır.

González vd. (2006) web sitesi prototiplerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için ilişkilendirilme kuralları tekniğini kullanmışlardır. Web sitesi prototipi ile ilgili 200 üzerinde kişinin katılımıyla bir anket çalışması yapmışlar ve sonuçları ilişkisel bir veri tabanında toplamışlardır. Anket sonuçları WEKA yazılımında Apriori algoritması kullanılarak analiz edilmiş ve kullanılabilirlik problemleri arasındaki sebep sonuç ilişkileri ortaya çıkarılmıştır.

González vd. (2008) kalitatif kullanılabilirlik test süreci için ilişkilendirme kuralları ve karar ağaçları tekniklerini kullanan yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerdikleri yöntemin validasyonu için İspanyolca konuşan ülkelerdeki akademik web sayfalarının sezgisel değerlendirmesi sonucunda elde edilen 3450 kayıt WEKA platformu kullanılarak incelenmiş ve kullanılabilirlik problemlerinin sahip olduğu örüntüler belirlenmiştir.

Oztekin vd. (2013) e-öğrenme sistemlerinin kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi için makine öğrenmesi temelli bir değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir. Makine öğrenmesi teknikleri ile birlikte çoklu lineer regresyon yöntemleri kullanılarak genel sistem kullanılabilirliğini etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca faktörlerin önem düzeylerini duyarlılık analizi ile tespit etmişler ve ciddiye endeksi geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında geliştirilen yöntemin etkinliğini test etmek üzere biyoloji dersi e-öğrenme uygulaması ile ilgili vaka çalışması yapılmıştır.

Boza vd. (2014) web kullanılabilirliği için ilişkilendirme kuralları ve karar ağaçları tekniklerini birlikte kullanmışlardır. Değişik web sayfalarının kullanılabilirlik uzmanları tarafından değerlendirmeleri sonucunda elde edilen 35 raporu analiz etmişlerdir. Web siteleri beş kullanılabilirlik faktörü (öğrenilebilirlik, etkililik, hatırlanabilirlik, hata önleme, memnuniyet) ve genel kullanılabilirlik düzeyi açısından uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Weka yazılımı analizlerde kullanılmıştır. Analizler sonucunda kullanılabilirlik faktörleri ile ilgili kurallar elde edilmiştir.

El-Halees (2014) bir metin madenciliği tekniği olan görüş madenciliğini yazılım kullanılabilirliği değerlendirmesinde kullanmıştır. Kullanıcıların yazılımlar hakkındaki görüşlerini etkinlik, etkililik ve memnuniyet olmak üzere üç kullanılabilirlik faktörü doğrultusunda görüşlerini yazmaları istenmiştir. Toplanan 565 kullanıcı görüşü sırasıyla sözlük tabanlı, maksimum entropi ve kNN (en yakın k komşu) sınıflandırıcıları kullanılarak negatif ve pozitif olmak üzere sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda ortalama %85,41 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Wu vd. (2014) ürün kullanılabilirliğini değerlendirmek üzere web madenciliği tabanlı bir yaklaşım kullanmışlardır. Çevrimiçi müşteri yorumlarının hangilerinin kullanılabilirlikle ilişkili olduğunu belirlemek üzere apriori algoritması kullanılarak ilişkilendirme kuralları elde edilmiştir. Sonrasında yorumlar kullanılabilirlik problemi olma ve olmama durumuna göre

sınıflandırılmıştır. Ayrıca negatif ve pozitif yorum sayıları belirlenerek ürünlere ilişkin kullanılabilirlik değerlendirme sonuçları elde edilmiştir.

Etemudi vd. (2017), yazılım geliştirme sürecinde karşılaşılan kullanılabilirlik problemlerini belirlemek için Weka yazılımında apriori algoritması kullanılarak ilişkilendirme kuralları elde edilmiştir. Girdi olarak ise StackOverflow web sayfasında sorular-cevaplar kısmında Java, Python gibi programlama dilleri ile kullanıcıların sormuş olduğu 50000 soru incelenmiştir.

Sagar ve Saha (2017) kalitatif kullanılabilirlik değerlendirmesini woorkank aracı ve veri madenciliği teknikleri (ilişkilendirme kuralları ve karar ağaçları) ile entegre ederek yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntemin validasyonu için 50 tane akademik web sayfasının sezgisel değerlendirilmesine ilişkin 2475 kayıt incelenmiş ve kullanılabilirlik problemleri örüntüleri tespit edilmiştir.

Chamba-Eras vd. (2017), 24 üniversite web portalının kullanılabilirliği SIRIUS (system for evaluation of usability of web sites) sezgisel değerlendirme sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Web portalları kullanılabilirlik düzeyleri açısından Rapidminer yazılımında kNN algoritması ve Öklidyen uzaklığı değerleri kullanılarak kümelere ayrılmıştır.

Literatürde incelenen çalışmalar genellikle kullanılabilirlik problemlerinin sahip olduğu örüntüleri belirlemek üzere ilişkilendirme kurallarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında ise literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak kullanılabilirlik problemlerinin önem düzeyleri açısından sahip oldukları örüntüleri belirlemenin yanı sıra problemlerin önem düzeylerine göre sınıflandırılmaları da yapılmıştır. Ayrıca diğer çalışmalar büyük çoğunlukla web sitelerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinin veri madenciliği teknikleri ile otomasyonuna odaklanırken, bu çalışma diğerlerinden farklı olarak TV ve set üstü cihaz arayüzü kullanılabilirliği değerlendirmesi için veri madenciliği tekniklerini kullanmıştır. Bu özelliği ile de literatürdeki ilk çalışmadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde çalışmanın metodolojisi, dördüncü bölümde ise yapılan uygulama çalışmasından bahsedilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları, kısıtları ve gelecek çalışma önerileri tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında TV ve set üstü cihaz arayüzleri ile ilgili kullanılabilirlik problemleri veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleri ile incelenmiştir. Kullanılabilirlik problemlerinin önem düzeyleri ile aralarında bulunan ilişkileri ve örüntüleri belirlemek üzere öncelikle ilişkilendirme kuralları kullanılmıştır. İkinci adımda ise kullanılabilirlik problemlerinin hangi öncelik düzeyine sahip olduğu sınıflandırma algoritmaları kullanılarak tahmin edilmiştir. Analizler içinse RapidMiner Studio 9.9 programı kullanılmıştır.

2.1. İlişkilendirme Kuralları

İlişkilendirme kuralları veri etiketlemeye gerek duyulmadan veriler arasındaki ilişkileri ve veri kümesindeki örüntüleri eğer/sonra şeklinde kurallar olarak belirlemeye yarayan gözetimsiz (unsupervised) bir veri madenciliği tekniğidir (Sagar ve Saha, 2017; Dökeroğlu vd.,2018). Bu yöntem genellikle pazar

sepeti analizi problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. İlişkilendirme kurallarının belirlenmesinde destek (support) ve güven (confidence) olmak üzere iki temel parametre bulunmaktadır. $(X \Rightarrow Y)$ kuralının destek değeri hem X hem Y'yi (XUY) içeren işlemler yüzdesi olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle destek değeri, X ve Y nesnelere birliktede bulunma olasılıklarını göstermektedir. Bir kuralın güven değeri ise (XUY) 'yi içeren işlemlerin sayısının X'i içeren işlemler sayısına oranıdır (Srikant & Agrawal, 1995). Güven değeri tespit edilen ilişkinin kesinlik derecesini göstermektedir ve koşullu olasılık olarak tanımlanabilir (Han vd., 2011). İlişkilendirilme kurallarının üretilmesi için apriori, SETM ve FP-growth (frequent pattern growth) algoritmaları gibi birçok algoritma kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında ilişkilendirme kurallarının üretilmesinde FP-growth algoritması kullanılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında minimum destek değeri 0,05; minimum güven değeri ise 0,75 olarak alınmıştır.

2.2. Sınıflandırma

Sınıflandırma, veri sınıflarını tanımlayan modelleri çıkarmak için kullanılan gözetimli bir veri analizi tekniğidir (Han vd, 2011). Sınıflandırma analizi, öğrenme ve sınıflandırma aşamalarından oluşur. Sınıflandırma modelleri, öğrenme aşamasında eğitim verisinde bulunan etiketleri belli olan verileri analiz eder ve verilerdeki özelliklere dayanarak sınıflara ilişkin modeller üretir ve sınıflandırma aşamasında bu modellere göre test verisindeki verilerin sınıf etiketlerini tahmin eder (Han vd., 2011). Bu çalışma kapsamında naive bayes, genelleştirilmiş lineer model, derin öğrenme, lojistik regresyon, hızlı geniş marjin, rastgele orman, gradyan artırma ağaçları ve destek vektör makinesi yöntemleri kullanılarak sınıflandırma modelleri oluşturulmuş ve sınıf etiketleri tahmin edilmiştir. Veriler rastgele olarak farklı eğitim/test verisi oranları (50/50, 55/45, 60/40, 65/35, 70/30, 75/25, 80/20, 85/15, 90/10, 95/5) kullanılarak ayrılmıştır. Her bir model 7 kez çalıştırılarak belirlenen performans metriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır.

2.2.1.Sınıflandırma Modelleri

Naive Bayes: Özelliklerin sınıf bilgisinden bağımsız olduğu varsayımıyla öğrenme sürecini basitleştirerek çalışan ve en olası sınıfı örneğe atayan bir sınıflandırma algoritmasıdır (Rish, 2001).

Genelleştirilmiş Lineer Model: Geleneksel doğrusal regresyon modellerinin bir uzantısı olan model, eğitim parametrelerinin maksimum olabilirlik değerlerine bağlı olarak yinelemeli ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemini kullanarak tahmin yapar ve verinin normal, poisson, binom, gama vb. üstel dağılıma uydurulmasını sağlarlar (Nordin vd., 2020). Geleneksel doğrusal regresyonun aksine bağımlı değişkenin sayı veya oran olmadığı kategorik veya ikili değişken olduğu durumlarda kullanılabilirler (Faraway, 2016)

Derin Öğrenme: Çoğu derin öğrenme uygulaması, geri yayılım prosedürleri kullanılarak hesaplanan stokastik gradyan iniş (gradient descent) fonksiyonuyla eğitilen çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı yapılarını kullanmaktadır ve bir katmandan diğerine geçmek için önceki katmandan gelen girdilerin ağırlıklı toplamı hesaplanarak tanh veya rektifiye doğrusal birim (rectified linear unit, RELU) gibi doğrusal olmayan bir fonksiyondan geçirilmektedir (LeCun vd., 2015)

Lojistik Regresyon: Bir veya daha fazla bağımsız değişkene bağlı olarak kategorik (iki kategorili, aralarında doğal sıralama olan veya olmayan üç veya daha fazla kategorili) bağımlı

değişkenin tahmin edilmesi için kullanılan bir regresyon analizi türüdür (Menard, 2010). Lojistik regresyon, kategorik bağımlı değişken ile bir veya daha fazla sayıdaki bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi bağımlı değişkenleri lojistik fonksiyon yardımıyla olasılık puanlarına dönüştürerek ölçümler.

Hızlı Geniş Marjin: Metin sınıflandırması gibi büyük çaplı sınıflandırma problemlerinin çözülmesi amacıyla Fan vd. (2008) tarafından geliştirilen hızlı marj öğrenicisini kullanan bir destek vektör makinesi türüdür.

Rastgele Orman: Tüm öznelikler kümesinden rastgele seçilen bir öznelik alt kümesi kullanan ağaçlardan oluşan ve yeni örneği çoğunluk oyuyla sınıflandıran bir yöntemdir (Oshiro vd., 2012).

Gradyan Artırma Ağaçları: Gradyan artırma modeli tahminleri bağımsız yapmak yerine kademeli olarak sırasıyla yaparak zayıf tahminleri güçlü tahminlere dönüştürmeyi amaçlayan regresyon veya sınıflandırma ağacı modellerinden oluşan bir topluluk algoritmasıdır (Hastie vd., 2009; Rapidminer, 2021).

Destek Vektör Makinesi: Temel amacı farklı sınıflara ait destek vektörleri arasındaki mesafeyi maksimize ederek sınıfları birbirinden ayıracak optimal düz çizginin yahut daha üst boyutlar için hiper-düzlemin bulunmasıdır (Suthaharan, 2016).

2.2.2. Performans Metrikleri

Sınıflandırma algoritmalarının performanslarının değerlendirilmesinde Tablo 1’de gösterilen karmaşıklık matrisi (confusion matrix) kullanılmıştır. Ayrıca algoritmaların hangisinin daha iyi sonuç verdiğini belirlemek üzere doğruluk oranı ve F1-Skor parametreleri kullanılmıştır. Doğruluk oranı, algoritma tarafından doğru sınıflandırılan test örneklerinin yüzdesi olarak tanımlanmaktadır (Kılınç vd., 2016). F1-Skor ise duyarlılık (precision) ve hassasiyet (recall) değerlerinin harmonik ortalamasıdır ve bu iki parametrenin etkisini birleştirmek için kullanılır.

Tablo 1. Karmaşıklık matrisi

Tahmin Edilen Sınıf		Gerçek Sınıf	
		Pozitif	Negatif
Pozitif	Doğru Pozitif (DP)	Yanlış pozitif (YP) (Tip I hata)	
	Yanlış negatif (YN) (Tip II hata)	Doğru negatif (DN)	
Negatif			

$$ACC = \frac{\sum \text{Doğru pozitif} + \sum \text{Doğru negatif}}{\sum \text{Toplam popülasyon}} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN} \quad (1)$$

$$\text{Duyarlılık (precision)} = \frac{DP}{DP+YP} \quad (2)$$

$$\text{Hassasiyet (recall)} = \frac{DP}{DP+YN} \quad (3)$$

$$F1 - \text{Skor} = 2 \frac{(\text{Duyarlılık} * \text{Hassasiyet})}{(\text{Duyarlılık} + \text{Hassasiyet})} = \frac{2DP}{2DP+YP+YN} \quad (4)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Veri

Türkiye’nin önde gelen dijital TV platformu olan Digiturk kendi TV ve set üstü cihaz arayüzlerini tasarlamaktadır. Çalışma kapsamında Digiturk’te geliştirilen arayüzlerle ilgili yazılımcılar yaptıkları testler sonucunda kullanılabilirlik problemleri de dâhil

olmak üzere pek çok fonksiyonel problem tespit etmekte ve önem düzeyleri ve problem detayları ile ilgili yorumlarını bir ortak çalışma platformuna girmektedirler. Çalışma kapsamında yazılımcıların belirlediği 3695 problem Digiturk’ten temin edilmiştir. Problemlerden kullanılabilirlikle ilgili olmayanlar ve benzer anlama gelecek şekilde yazılan tekrar eden problemler öncelikle veri setinden çıkarıldıktan sonra toplamda 2752 problem kalmıştır.

3.2. İlişkilendirilme Kuralları

Öncelikle metin verisi sözcüklere ayırma (tokenization), karakter dönüştürme, etkisiz sözcükleri filtreleme, uzunluğa göre sözcükleri filtreleme ve kök bulma ön işleme süreçlerinden geçirilmiştir. Daha sonra her sözcüğün bir kayıta bulunup bulunmaması durumunu gösteren 0-1 değerlerinden oluşan vektör dokümanı elde edilmiştir. Sonraki adımda FP-Growth algoritması kullanılarak her bir sözcüğün destek değerleri hesaplanmış ve ilişkilendirme kuralları elde edilmiştir.

İlişkilendirme modeli yüksek ve düşük önem düzeyine sahip kullanılabilirlik problemleri için sırasıyla çalıştırılmıştır. Yüksek ve düşük önceliğe sahip problemler için ilişkilendirilme kuralları Tablo 2’deki gibi çıkmıştır. Tablo 2’de gördüğümüz kuralları yorumlayacak olursak örneğin birinci satır için (occur ⇒ error) ilişki kuralının destek değeri %2,7, güven değeri ise %93 olarak bulunmuştur. Diğer bir deyişle, veri setinin %2,7’sinde “occur” ve “error” kelimeleri birlikte kullanılmıştır ve “occur” kökünden türetilen bir kelimenin bulunduğu kullanılabilirlik problemlerinin %93’ünde “error” kökünden türetilmiş en az bir kelime bulunmaktadır. Ayrıca (icon, display) ve (top, display) sözcüklerini içeren problemlerin düşük önceliğe sahip problemler olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Öncelik düzeylerine göre problemler için ilişkilendirme kuralları

No	Öncül	Sonuç	Destek	Güven
Yüksek	occur	error	0,027	0,93
	black	screen	0,027	0,93
	temporary	error	0,027	0,95
	occur, temporary	error	0,024	0,97
Düşük	icon	display	0,051	0,79
	top	display	0,020	0,79

3.3. Sınıflandırma

TV ve set üstü cihaz arayüzünün kullanılabilirliğini önemli ölçüde etkilediği için yazılımcıların düşük öncelikli problemleri çözmek yerine öncelikle yüksek önceliğe sahip olan problemleri çözmesi gerekmektedir. Bu sebeple TV ve set üstü cihaz arayüzünü test eden yazılımcıların kullanılabilirlik problemleri için yüksek ve düşük olmak üzere tanımladıkları öncelik düzeyleri kullanılarak iki sınıflı bir model oluşturulmuştur. Kullanılabilirlik problemlerinin %52,58’i yüksek önem düzeyine sahipken %47,42’si ise düşük önem düzeyine sahiptir. Farklı eğitim/test verisi oranları (50/50, 55/45, 60/40, 65/35, 70/30, 75/25, 80/20, 85/15, 90/10, 95/5) kullanılarak oluşturulan veri setleri ile ilgili sınıflandırma algoritmaları çözülmüştür. Her bir algoritma için en iyi doğruluk oranı ve F1-skor değerini veren modelin sonucu seçilerek algoritmaların çözüm performanslarını gösteren Tablo 3 oluşturulmuştur. Doğruluk oranları %59,87 ile %76,21 değerleri arasında değişirken, F1- skor değerleri ise %69,17 ile %79,51 değerleri arasında değişmektedir. En iyi doğruluk oranını (%76,21) destek vektör makineleri algoritması verirken en yüksek F1-skor değerini ise (%79,51) ile derin öğrenme algoritması vermiştir. Ancak her iki performans

metriğinin de standart sapması diğer algoritmalarla kıyasla daha yüksektir. Diğer algoritmaların sonuçları standart sapmalar dikkate alınarak incelendiğinde hızlı geniş marjin ve gradyan artırma ağaçları algoritmalarının standart sapma değerleri düşük daha genellenebilir sonuçlar verdiği söylenebilir. Genel olarak bu doğruluk oranları ve F1-skor değerleri çok yüksek olmamasına rağmen arayüz değerlendirme sürecinin karmaşıklığı ve sübjektifliği düşünüldüğünde makine öğrenmesi tekniklerinin bu konuda gelecek vadettiği söylenebilir.

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında TV ve set üstü cihaz arayüzü ile ilgili kullanılabilirlik problemleri ilişkilendirme kuralları tekniği ile incelenerek önem düzeyleri açısından sahip oldukları örüntüler belirlenmiştir. Ayrıca kullanılabilirlik problemleri naive bayes, logistik regresyon, hızlı geniş marjin, derin öğrenme, rastgele orman, gradyan artırma ağaçları, destek vektör makineleri teknikleri ile önceliklerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda kullanılabilirlik problemlerinin çözülmesi için öncelikle hangi problemlerin ele alınması gerektiğini belirleme konusunda makine öğrenmesi teknikleri %76,21 doğruluk oranı ve %79,51 F1-skoru düzeyinde bir performans sergilemiştir. Sonuçlara göre makine öğrenmesi teknikleri kullanılabilirlik problemlerinin önceliklerini tahmin etme konusunda umut vadeden sonuçlar elde etmiştir. Bu sayede tespit edilen kullanılabilirlik problemlerinin önceliklerinin belirlenmesi kolaylaşacaktır, yazılımcılar öncelikle önem düzeyi yüksek problemlere odaklanabilecek böylece sistem kullanılabilirliği hızlı bir şekilde yükseltilebilecektir.

Çalışmanın bazı kısıtları da bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece bir TV ve set üstü cihaz arayüzünün geliştirilmesi ile ilgili problemler toplanmıştır. Gelecekte farklı TV ve set üstü cihaz arayüzlerinden toplanan verilerle de benzer çalışmalar yapılması daha genellenebilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Ayrıca daha çok veri toplanması sayesinde daha güvenilir örüntüler elde edilebileceği gibi sınıflandırma algoritmaları da daha iyi performans sergileyebilecektir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından TÜBİTAK 3001 programı ile desteklenmiştir (Proje numarası: 217M143, 2018). TÜBİTAK'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

Boza, B. C., Schiaffino, S., Teyseyre, A., & Godoy, D. (2014). An approach for knowledge discovery in a web usability context. *In Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, 393-396.

Chamba-Eras, L., Jacome-Galarza, L., Guaman-Quinche, R., Coronel-Romero, E., & Labanda-Jaramillo, M. (2017, April). Analysis of usability of universities Web portals using the Prometheus tool-SIRIUS. *In 2017 Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, IEEE, 195-199.

Dianat, I., Adeli, P., Jafarabadi, M. A., & Karimi, M. A. (2019). User-centred web design, usability and user satisfaction: The case of online banking websites in Iran. *Applied ergonomics*, 81, 102892.

Dökeroğlu, T., Malık, Z. M. M., & Shadi, A. S. (2018). Gözetimsiz Makine Öğrenme Teknikleri ile Miktarla Dayalı Negatif Birliktelik Kural Madenciliği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 1119-1138.

El-Halees, A. M. (2014). Software Usability Evaluation Using Opinion Mining. *JSW*, 9(2), 343-349.

Etamadı, V., Bushehran, O., & Akbari, R. (2017). Association rule mining for finding usability problem patterns: A case study on StackOverflow. *In 2017 International Symposium on Computer Science and Software Engineering Conference (CSSE)*, IEEE, 24-29.

Fan, R. E., Chang, K. W., Hsieh, C. J., Wang, X. R., & Lin, C. J. (2008). LIBLINEAR: A library for large linear classification. *Journal of machine learning research*, 9(Aug), 1871-1874.

Faraway, J. J. (2016). Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. CRC press.

González, M. P., Granollers, T., & Lorés, J. (2006). A hybrid approach for modelling early prototype evaluation under user-centred design through association rules. *In International Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems*, Springer, Berlin, Heidelberg, 213-219.

González, M. P., Lorés, J., & Granollers, A. (2008). Enhancing usability testing through datamining techniques: A novel approach to detecting usability problem patterns for a context of use. *Information and software technology*, 50(6), 547-568.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining concepts and techniques third edition. *The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems*, 83-124.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. *Springer Science & Business Media*.

ISO 9241-11 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability.

Ivory, M. Y., & Hearst, M. A. (2001). The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 33(4), 470-516.

Kılınc, D., Borandağ, E., Yücalar, F., Tunalı, V., Şimşek, M., & Özçift, A. (2016). KNN algoritması ve r dili ile metin madenciliği kullanılarak bilimsel makale tasnifi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 28(3), 89-94.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>

Lee, D., Moon, J., Kim, Y. J., & Mun, Y. Y. (2015). Antecedents and consequences of mobile phone usability: Linking simplicity and interactivity to satisfaction, trust, and brand loyalty. *Information & Management*, 52(3), 295-304.

Menard, S. (2010). Logistic regression: From introductory to advanced concepts and applications. Sage.

Nielsen, J. (1993). Usability Engineering, Academic Press.

Nordin, N. D., Zan, M. S. D., & Abdullah, F. (2020). Generalized linear model for enhancing the temperature measurement performance in Brillouin optical time domain analysis fiber sensor. *Optical Fiber Technology*, 58, 102298.

Oshiro, T. M., Perez, P. S., & Baranauskas, J. A. (2012). How many trees in a random forest? *In International workshop on machine learning and data mining in pattern recognition*, Springer, Berlin, Heidelberg, 154-168.

- Oztekin, A., Delen, D., Turkyilmaz, A., & Zaim, S. (2013). A machine learning-based usability evaluation method for eLearning systems. *Decision Support Systems*, 56, 63-73.
- Rapidminer. (2021). Gradient Boosted Trees. Retrieved from: https://docs.rapidminer.com/latest/studio/operators/modeling/predictive/trees/gradient_boosted_trees.html
- Rish, I. (2001, August). An empirical study of the naive Bayes classifier. In *IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence*, 3(22), 41-46.
- Sagar, K., & Saha, A. (2016). Enhancing usability inspection through data-mining techniques: an automated approach for detecting usability problem patterns of academic websites. In *International Conference on Intelligent Human Computer Interaction*, Springer, Cham, 229-247.
- Srikant, R., & Agrawal, R. (1995). Mining generalized association rules. In *21st VLDB Conference Zurich*, Switzerland, 407-419.
- Suthaharan S. (2016) Modeling and Algorithms. In: Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification. *Integrated Series in Information Systems*, Springer, Boston, MA, 123-143.
- Wu, M., Wang, L., Li, M., & Long, H. (2014). An approach of product usability evaluation based on Web mining in feature fatigue analysis. *Computers & Industrial Engineering*, 75, 230-238.



Kullanılabilirlik Sezgiselleri ile Problemlerinin İlişkilendirilmesi: Makine Öğrenmesi Kullanımı

Aycan Pekpazar^{1*}, Çiğdem Altın Gümüşsoy²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9329-6936)

² İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2925-0954)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.946150)

ATIF/REFERENCE: Pekpazar, A. & Gümüşsoy Altın, Ç. (2021). Kullanılabilirlik Sezgiselleri ile Problemlerinin İlişkilendirilmesi: Makine Öğrenmesi Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 47-52.

Öz

Kullanılabilirlik, müşteri memnuniyeti ve marka sadakati üzerinde önemli etkisi olan ve kullanıcı arayüzlerinin ne kadar kullanıcı dostu olduğunu gösteren önemli bir faktördür. Bu sebeple arayüzlerin ve sistemlerin tasarım, geliştirme ve denetimleri aşamasında kullanılabilirlik problemlerinin tespit edilebilmesi için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Kullanılabilirlik değerlendirme yöntemlerinden bir tanesi de sezgisel değerlendirme yöntemidir. Uzmanlar tarafından gerçekleştirilen sezgisel değerlendirme, genel kullanılabilirlik prensipleri olarak tanımlanan sezgisellere dayalı bir yöntemdir. Sezgisel değerlendirme süreçlerinde kullanılacak sistemlere özgü sezgisellerin geliştirilmesi ise uzman görüşlerine dayalı uzun ve zorlu bir süreçtir. Makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknolojileri pek çok alanda olduğu gibi kullanılabilirlik alanında da yeni sezgisellerin geliştirilmesi ile ilgili süreçlerin otomasyonu konusunda kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı kullanılabilirlik problemlerine dayalı olarak yeni sezgisel geliştirme süreçlerini etkinleştirmek için veri madenciliği ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılmasıdır. Bu amaçla Türkiye'nin önde gelen dijital platformlarından birisi olan Digtürk'ten TV ve set üstü cihaz arayüzünün yazılımcılar tarafından değerlendirmesi sonucunda elde edilen 3695 kayıt temin edilmiştir ve kayıtlar incelenerek toplamda 2752 kullanılabilirlik problemi belirlenmiştir. Elde edilen kullanılabilirlik problemleri literatürde yaygın bir şekilde kullanılan Nielsen'in on sezgiseli ile eşleştirilmiştir. Çalışma kapsamında öncelikle kullanılabilirlik problemlerinin kullanılabilirlik sezgiselleri açısından belirli örüntülere sahip olup olmadığı ilişkilendirme kuralları tekniği ile araştırılmıştır. Ayrıca kullanılabilirlik problemlerinin sezgisellerle eşleştirilmeleri çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları (naive bayes, lojistik regresyon, hızlı geniş marjın, derin öğrenme, rastgele orman, gradyan arttırma ağaçları, destek vektör makineleri teknikleri) yardımıyla tahmin edilmiştir. Sınıflandırıcıların validasyonu için tekrarlı holdout tekniği kullanılmıştır. Veri seti farklı eğitim/test oranlarına (50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, 90:10, 95:5) bölünmüş ve modellerin performansları doğruluk oranı ve F1-skor metrikleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda sınıflandırma algoritmalarının doğruluk oranları %90'ın üzerinde, F1-skor değerleri de genel olarak %75 değerinin üzerinde gerçekleşmiştir. Sınıflandırma algoritmaları arasında gradyan arttırma ağaçlarının diğer algoritmalara göre daha iyi performans sergilediği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TV, Set üstü cihaz, Kullanılabilirlik sezgiselleri, Makine öğrenmesi, Veri madenciliği.

Association between Usability Heuristics and Problems: Use of Machine Learning

Abstract

Usability is an important factor showing that how user-friendly user interfaces are and it has a significant impact on customer satisfaction and brand loyalty. For this reason, many methods have been developed to identify usability problems during the design, development,

* Sorumlu Yazar: İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9329-6936, kayaayca@itu.edu.tr

and evaluation of user interfaces and systems. One of these usability evaluation methods is the heuristic evaluation method. Heuristic evaluation performed by experts is a method based on heuristics defined as general usability principles. The development of system-specific heuristics to be used in heuristic evaluation processes is a long and challenging process based on expert opinions. Machine learning and artificial intelligence technologies can be used in usability evaluation to automate the processes related to the development of new heuristics as used in many areas. This study aims to use data mining and machine learning techniques to make new heuristic development processes based on usability problems efficiently. Therefore, 3695 problems of a TV and set-top box interface determined by the software developers were obtained from Digiturk, which is one of Turkey's leading digital platforms. By examining the problems obtained, in total 2752 usability problems were determined. The usability problems were mapped with Nielsen's ten heuristics, which are widely used in the literature. Firstly, whether the usability problems have certain patterns in terms of usability heuristics was investigated with the association rules technique. Furthermore, the mappings of usability problems with heuristics were predicted using various machine learning algorithms (naive bayes, logistic regression, fast large margin, deep learning, random forest, gradient boosted trees, support vector machines techniques). The repeated holdout technique was used for the validation of classifiers. The data set was split into different training / test ratios (50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, 90:10, 95:5) and the performance of the models were compared using accuracy rate and F1-score metrics. As a result of the study, the accuracy rates of the classification algorithms were above 90%, and the F1-score values were generally above 75%. Among the classification algorithms, gradient boosted trees generally perform better than the other algorithms.

Keywords: TV, Set-top box, Usability heuristics, Machine learning, Data mining.

1. Giriş

Kullanılabilirlik kullanıcı arayüzlerinin ne kadar kolay kullanılabilirliğini gösteren bir kalite özelliğidir (Nielsen, 1993). ISO tarafından ise kullanılabilirlik; "Belirli kullanıcıların belirli ortamlarda belirli görevleri etkili, verimli ve memnuniyet içerisinde gerçekleştirme seviyesi" olarak tanımlanmıştır (ISO,1998). Nielsen ve Molich (1990) tarafından geliştirilen sezgisel değerlendirme, en yaygın kullanılan kullanılabilirlik inceleme yöntemlerinden birisidir (Quinones ve Rusu, 2017). Sezgisel değerlendirme yönteminde uzmanlar "genel kullanılabilirlik ilkeleri" olarak tanımlanan kullanılabilirlik sezgisellerini kullanarak kullanıcı arayüzlerini inceler ve kullanılabilirlik problemlerini tespit ederler (Quinones ve Rusu, 2017; Nielsen, 1994). Yeni kullanılabilirlik sezgisellerinin geliştirilmesi için literatürde önerilen farklı formal metodolojiler mevcuttur (Hub ve Capkova, 2010; Rusu vd., 2011; Hermawati ve Lawson, 2015; Jimenez vd., 2017; Quinones vd., 2018; Kaya vd., 2021). Yeni kullanılabilirlik sezgisellerinin geliştirilmesi için kullanılabilirlik problemlerinin incelenmesi ve mevcut sezgisellerle eşleştirilerek mevcut sezgisellerin yeni sistemlere özgü hale getirilmesi ve eşleştirilemeyen problemlerin de yeni sezgisel geliştirilmesi için kullanılması literatürde kullanılan tekniklerden birisidir (Hermawati ve Lawson, 2015; Kaya vd., 2021). Ayrıca kullanılabilirlik problemlerinin en çok hangi sezgiselle ilişkili olduğunu bulmak yazılımcılara ve proje yöneticilerine tasarımlarında en çok hangi hususlara dikkat etmeleri gerektiği konusunda yol gösterir. Ancak kullanılabilirlik problemleri ile sezgisellerin eşleştirilmesi kullanılabilirlik uzmanları tarafından yapılmaktadır ve belirlenen kullanılabilirlik problemi sayısı arttıkça sezgisellerle problemleri eşleştirmek uzun sürmektedir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında sezgisel geliştirme sürecinin etkin hale getirilmesi için kullanılabilirlik problemleri ile kullanılabilirlik sezgiselleri arasındaki ilişkilerin tahmin edilmesi için veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır.

Kullanılabilirlik değerlendirmesi uzun zaman alan ve çok fazla insan gücü kullanımı gerektiren pahalı bir süreç olmasına rağmen (Ivory ve Hearst, 2001; Boza vd., 2014; El-Halees, 2014), bu sürecin otomasyonu ile ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışmalar yapılmıştır., González vd. (2006), González vd. (2008), Sagar ve Saha (2016), Etemadi vd. (2018) ilişkilendirme

kuralları ve karar ağaçları gibi teknikleri kullanarak kullanılabilirlik problemlerinin sahip olduğu örüntüleri belirlemeye çalışmışlardır. El-Halees (2014) kullanıcıların yazılımlar hakkında etkinlik, etkililik ve memnuniyet faktörleri doğrultusunda yazmış oldukları görüşlerini maksimum entropi ve kNN (en yakın k komşu) sınıflandırıcılarını kullanarak negatif ve pozitif olmak üzere sınıflandırılmıştır. Wu vd. (2014) ürünlerle ilgili çevrimiçi müşteri yorumlarının hangilerinin kullanılabilirlikle ilişkili olduğunu belirlemek üzere apriori algoritmasını kullanarak ilişkilendirme kurallarını elde edilmiş ve müşteri yorumlarını negatif ve pozitif olarak sınıflandırmıştır.

Oztekin vd. (2013) e-öğrenme sistemlerinin kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi için makine öğrenmesi temelli bir değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir. Destek vektör makineleri, yapay sinir ağları ve karar ağaçları teknikleri ile birlikte çoklu lineer regresyon yöntemlerini kullanarak genel sistem kullanılabilirliğini etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Boza vd. (2014) web sitelerinin beş kullanılabilirlik faktörü (öğrenilebilirlik, etkililik, hatırlanabilirlik, hata önleme, memnuniyet) açısından değerlendirilmeleri ile ilgili kuralları ilişkilendirme kuralları ve karar ağaçları tekniklerini birlikte kullanarak belirlemişlerdir. Chamba-Eras vd. (2017) üniversite web sitelerini kNN algoritması ve Öklidyen uzaklığı değerlerini kullanarak kullanılabilirlik düzeyleri açısından kümelere ayırmıştır.

Bu çalışma kapsamında ise kullanılabilirlik sezgiselleri geliştirme sürecinin iyileştirilmesi amacıyla veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır. Bu amaçla Türkiye'nin önde gelen dijital platformlarından birisi olan Digiturk Firması'ndan elde edilen TV ve set üstü cihaz arayüzü ile ilgili kullanılabilirlik problemleri literatürde yaygın olarak kullanılan ve Nielsen tarafından geliştirilen 10 sezgiselle eşleştirilmiştir (Nielsen, 1995). İlk aşamada kullanılabilirlik problemlerinin sezgisellerle eşleştirilmesi açısından sahip olduğu örüntüyü belirlemek üzere ilişkilendirme kuralları tekniği kullanılmıştır. İkinci aşamada ise naive bayes, logistik regresyon, hızlı geniş marjın, derin öğrenme, rastgele orman, gradyan artırma ağaçları, destek vektör makineleri teknikleri kullanarak kullanılabilirlik problemleri sezgisellerle eşleştirilmelerine göre sınıflandırılmıştır. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma kullanılabilirlik problemlerinin kullanılabilirlik sezgiselleri ile ilişkilerini veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleri ile inceleyen ilk çalışmadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde çalışmanın metodolojisi, üçüncü bölümde ise yapılan uygulama çalışmasından bahsedilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları, kısıtları ve gelecek çalışma önerileri tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada üç aşamalı bir metodoloji uygulanmıştır: Birinci adımda TV ve set üstü cihaz arayüzleri ile ilgili toplanan kullanılabilirlik problemleri Nielsen (1995) tarafından geliştirilen kullanılabilirlik sezgiselleri ile eşleştirilmiştir. İkinci adımda ise kullanılabilirlik problemlerinin sezgisellerle aralarında bulunan ilişkileri ve örüntüleri belirlemek üzere öncelikle ilişkilendirme kuralları kullanılmıştır. Üçüncü adımda ise kullanılabilirlik problemlerinin sezgisellerle olan ilişkileri sınıflandırma algoritmaları kullanılarak tahmin edilmiştir. Analizler için RapidMiner Studio 9.9 programı kullanılmıştır.

2.1. Kullanılabilirlik Sezgiselleri

Sezgisel değerlendirme, genel kullanılabilirlik ilkeleri olarak tanımlanan kullanılabilirlik sezgiselleri kullanılarak uzmanlar tarafından yürütülen bir kullanılabilirlik değerlendirme sistemidir. Nielsen (1995) tarafından geliştirilen on kullanılabilirlik sezgiseli

literatürde sezgisel değerlendirme ve yeni sezgisel geliştirilmesinde en sık kullanılan sezgisellerdir (Tablo 1). Bu çalışma kapsamında kullanılabilirlik problemleri Tablo 1'de açıklamaları verilen sezgiseller ile eşleştirilmiştir.

2.2. İlişkilendirme Kuralları

İlişkilendirme kuralları veri etiketlemeye gerek duyulmadan veriler arasındaki ilişkileri ve veri kümesindeki örüntüleri eğer/sonra şeklinde kurallar olarak belirlemeye yarayan gözetimsiz bir veri madenciliği tekniğidir (Sagar ve Saha, 2016; Dökeröglü vd., 2018). İlişkilendirme kurallarının belirlenmesinde destek ve güven olmak üzere iki temel parametre kullanılmaktadır. ($X \Rightarrow Y$) kuralının destek değeri hem X hem Y'yi (XUY) içeren işlemler yüzdesi olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle destek değeri, X ve Y nesnelerinin birlikte bulunma olasılıklarını göstermektedir. Bir kuralın güven değeri ise (XUY)'yi içeren işlemlerin sayısının X'i içeren işlemler sayısına oranıdır (Srikant ve Agrawal, 1995). Güven değeri tespit edilen ilişkinin kesinlik derecesini göstermektedir ve koşullu olasılık olarak tanımlanabilir (Han vd., 2011). Bu çalışma kapsamında ilişkilendirme kurallarının üretilmesinde FP-growth algoritması kullanılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında minimum destek değeri 0,05; minimum güven değeri ise 0,75 olarak alınmıştır.

Tablo 1. Kullanılabilirlik sezgiselleri ve açıklamaları (Nielsen, 1995)

Kullanılabilirlik sezgiselleri	Açıklamalar
H1: Sistem durumunun görünürlüğü	Tasarım, makul bir süre içinde uygun geri bildirimler yoluyla kullanıcıları her zaman neler olup bittiğinden haberdar etmelidir.
H2: Sistem ile gerçek dünya arasındaki uyum	Tasarım, kullanıcının dilini konuşmalıdır. Teknik jargon yerine kullanıcının aşına olduğu kelimeleri, kelime öbeklerini ve kavramları kullanmalıdır. Tasarım, gerçek dünya kurallarını takip etmeli, bilgileri doğal ve mantıksal bir sırayla sunmalıdır.
H3: Kullanıcı kontrolü ve özgürlük	Kullanıcılar çok sık yanlışlıkla eylemleri gerçekleştirdikleri için uzun bir süreçten geçmek zorunda kalmadan istenmeyen eylemi terk etmek için açıkça işaretlenmiş bir "acil çıkış" a ihtiyaçları vardır.
H4: Tutarlılık ve standartlar	Kullanıcılar, farklı kelime, durum veya eylemlerin aynı anlama gelip gelmediğini merak etmemelidir. Tasarım, şirket ve sektör standartlarını takip etmelidir.
H5: Hataları önleme	İyi hata mesajları önemlidir, ancak en iyi tasarımlar sorunların ilk etapta oluşmasını dikkatlice önlemelidir. Tasarımda hataya açık durumlar ortadan kaldırmalı veya kontrol edilmelidir. Eylemi gerçekleştirmeden önce kullanıcılara bir onay seçeneği sunulmalıdır.
H6: Hatırlamak yerine tanıma	Öğeler, eylemler ve seçenekler görünür hale getirilerek kullanıcının bellek yükü en aza indirilmelidir. Kullanıcı, arayüzün bir bölümünden diğerine geçerken bilgileri hatırlamak zorunda kalmamalıdır. Tasarımı kullanmak için gerekli bilgiler (örn. Alan etiketleri veya menü öğeleri) görünür olmalı veya gerektiğinde kolayca erişilebilir olmalıdır.
H7: Esneklik ve kullanım verimliliği	Acemi kullanıcılardan gizlenen kısayollar, uzman kullanıcıların etkileşimlerini hızlandırabilir, böylece tasarımın hem deneyimsiz hem de deneyimli kullanıcılara uygun hale getirilmesi sağlanabilir. Tasarım, kullanıcıların sık eylemleri kişileştirmesine izin vermemelidir.
H8: Estetik ve minimalist tasarım	Arayüzler ilgisiz veya nadiren ihtiyaç duyulan bilgileri içermemelidir. Bir arayüzdeki her ekstra bilgi, ilgili bilgi birimleri rekabet eder ve görelî görünürlüğünü azaltır.
H9: Kullanıcıların hataları tanınmasına ve düzeltilmesine yardımcı olma	Hata mesajları sade bir dille (hata kodları olmadan) ifade edilmeli, sorunu tam olarak belirtmeli ve yapıcı bir çözüm önermelidir.
H10: Yardım ve dokümantasyon	Sistemin herhangi bir ek açıklamaya ihtiyaç duymaması en iyisidir. Ancak, kullanıcıların görevlerini nasıl tamamlayacaklarını anlamalarına yardımcı olacak belgeler sağlamak gerekli olabilir.

2.3. Sınıflandırma

Sınıflandırma, veri sınıflarını tanımlayan modelleri çıkarmak için kullanılan gözetimli bir veri analizi tekniğidir (Han vd., 2011). Sınıflandırma analizi, öğrenme ve sınıflandırma aşamalarından oluşur. Sınıflandırma modelleri, öğrenme aşamasında eğitim verisinde bulunan etiketleri belli olan verileri analiz eder ve verilerdeki özelliklere dayanarak sınıflara ilişkin modeller üretir ve sınıflandırma aşamasında bu modellere göre test verisindeki verilerin sınıf etiketlerini tahmin eder (Han vd., 2011). Bu çalışma kapsamında naive

bayes, genelleştirilmiş lineer model, derin öğrenme, lojistik regresyon, hızlı geniş marjın, rastgele orman, gradyan artırma ağaçları ve destek vektör makinesi yöntemleri kullanılarak sınıflandırma modelleri oluşturulmuş ve sınıf etiketleri tahmin edilmiştir. Modellerin validasyonu için tekrarlı holdout yöntemi kullanılmıştır ve veri seti farklı oranlarda eğitim/test verisi olarak ayrılmıştır. Veri seti 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, 90:10 ve 95:5 olmak üzere on eğitim/test parçasına ayrılarak değerlendirilmiştir. Tekrarlı holdout yönteminde örneğin veri seti 80:20 oranında ayrıldıysa, model

verinin %80'i ile eğitildikten sonra kalan %20'lik test verisi genel veri setinin özelliklerini taşıyan 7 farklı alt kümeye ayrılmıştır. Model her bir alt küme üzerinde tahminleri yaptıktan sonra 7 farklı alt kümeye ait performansların ortalamaları alınarak modelin genel performansı ve standart sapması hesaplanmıştır. Sınıflandırma algoritmalarının performanslarının değerlendirilmesinde doğruluk oranı ve F1-Skor parametreleri kullanılmıştır. Doğruluk oranı, algoritma tarafından doğru sınıflandırılan test örneklerinin yüzdesi olarak tanımlanmaktadır (Kılınç vd., 2016). F1-Skor ise duyarlılık (precision) ve hassasiyet (recall) değerlerinin harmonik ortalamasıdır ve bu iki parametrenin etkisini birleştirmek için kullanılır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Veri

Türkiye'nin önde gelen dijital TV platformu olan Digiturk kendi TV ve set üstü cihaz arayüzlerini tasarlamaktadır. Çalışma kapsamında Digiturk'te geliştirilen arayüzlerle ilgili yazılımcıların belirlediği 3695 problem Digiturk'ten temin edilmiştir. Problemlerden kullanılabilirlikle ilgili olmayanlar ve benzer anlama gelecek şekilde yazılan tekrar eden problemler

veri setinden çıkarıldıktan sonra toplamda 2752 problem kalmıştır.

3.2. İlişkilendirilme Kuralları

Öncelikle metin verisi sözcüklere ayırma (tokenization), karakter dönüştürme, etkisiz sözcükleri filtreleme, uzunluğa göre sözcükleri filtreleme ve kök bulma ön işleme süreçlerinden geçirilmiştir. Daha sonra her sözcüğün bir kayıta bulunup bulunmaması durumunu gösteren 0-1 değerlerinden oluşan vektör dokümanı elde edilmiştir. Sonraki adımda FP-Growth algoritması kullanılarak her bir sözcüğün destek değerleri hesaplanmış ve ilişkilendirme kuralları elde edilmiştir.

İlişkilendirme modeli her bir sezgisel için ayrı ayrı çalıştırılmıştır ve problemler için ilişkilendirilme kuralları Tablo 2'deki gibi elde edilmiştir. Tablo 2'de gördüğümüz kuralları yorumlayacak olursak örneğin H1 sezgiseli için (enduser ⇒ display) ilişki kuralının destek değeri %2,7, güven değeri ise %100 olarak bulunmuştur. Diğer bir deyişle, veri setinin %2,7'sinde "enduser" ve "display" kelimeleri birlikte kullanılmıştır ve "enduser" kökünden türetilen bir kelimenin bulunduğu kullanılabilirlik problemlerinin tümünde "display" kökünden türetilmiş en az bir kelime bulunmaktadır.

Tablo 2. İlişkilendirme kuralları

Sezgisel No	Öncül	Sonuç	Destek	Güven
H1: Sistem görünürlüğü	enduser	display	0,027	1
H2: Sistem ile gerçek dünya arasındaki uyum	display, language	Turkish	0,046	1
	display, menu, Turkish	language	0,037	1
	display, menu, language	Turkish	0,037	1
	week	this	0,033	1
	week	Digiturk	0,033	1
H3: Kullanıcı kontrolü ve özgürlük	key, display	press	0,046	1
	key, live	press	0,046	1
	key, stb, return	press	0,036	1
H4: Tutarlılık ve standartlar	enduser	display	0,056	1
	now on Digiturk	display	0,042	1
	available	display	0,038	1
	rec	display	0,035	1
	time	display	0,035	1
H5: Hataları önleme	return	stb	0,111	1
	update	message	0,063	1
	press, return	stb	0,055	1
	text, update	message	0,052	1
	stb, info	return	0,052	1
H6: Hatırlamak yerine tanıma	do	exist	0,067	1
	enduser	display	0,057	1
	option, do	exist	0,043	1
	now on Digiturk	display	0,039	1
	event, icon	display	0,035	1
H7: Esneklik ve kullanım verimliliği	work, ok	key	0,103	1
	focus	key	0,093	1
	work, menu	key	0,082	1
	exist	play	0,072	1
	option	play	0,072	1
H8: Estetik ve minimalist tasarım	text	overlap	0,078	1
	icon	overlap	0,059	1
	overlap, problem	seen	0,059	1
	overlap, seen	problem	0,059	1
H9: Kullanıcıların hataları tanınmasına ve düzeltmesine yardımcı olma	message	error	0,416	1
	code	error	0,299	1
	display, message	error	0,260	1
	display, code	error	0,221	1
	text	error	0,156	1
H10: Yardım ve dokümantasyon	record	info	0,185	0,97
	key	info	0,115	0,97
	live	info	0,108	0,97
	stb	info	0,108	0,97
	press, key	info	0,083	0,96

3.3.Sınıflandırma

Bir kullanılabilirlik sezgiseli birden fazla problemle eşleşebildiği gibi bir problem de birden fazla sezgiselle ilişkili olabilir. Bu sebeple sınıflandırma modelleri her bir sezgisel için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Ayrıca sınıflandırıcı performanslarını kıyaslamak için veri seti on farklı eğitim/test parçasına ayrılarak çalıştırılmış ve doğruluk ve F1-skor değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3'te her bir sezgisel için her bir sınıflandırıcının ulaştığı en iyi doğruluk oranları ve F1-skorları sunulmuştur. Her bir sezgisel için sonuçlar

incelendiğinde en yüksek performansa sahip sınıflandırıcıların tümünün %90'ın üzerinde doğruluk oranlarına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca H10 sezgiseli hariç her bir sezgisel için sonuçlar incelendiğinde en yüksek performansa sahip sınıflandırıcıların tümünün %77,67 ile %100 arasında F1-skoru değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Genel olarak doğruluk oranları ve onlara karşılık gelen F1-skor değerlerine göre gradyan artırma ağaçları diğer algoritmalara göre daha iyi bir performans sergilemiştir.

Tablo 3. Kullanılabilirlik sezgiselleri için en iyi performans gösteren sınıflandırma modeli sonuçları

Kullanılabilirlik Sezgiseli	Doğruluk oranı (%) ± Standart sapma (%)	F1- skoru (%) ± Standart sapma (%)
H1: Sistem görünürlüğü	92,54 ± 0,93 Gradyan artırma ağaçları (85/15)	83,33 ± 1,88 Gradyan artırma ağaçları (85/15)
H2: Sistem ile gerçek dünya arasındaki uyum	97,63 ± 0,93 Gradyan artırma ağaçları (85/15)	81,85 ± 13,93 Gradyan artırma ağaçları (85/15)
H3: Kullanıcı kontrolü ve özgürlük	98,95 ± 2,35 Gradyan artırma ağaçları (95/5)	93,33 ± 14,91 Gradyan artırma ağaçları (95/5)
H4: Tutarlılık ve standartlar	95,95 ± 2,27 Gradyan artırma ağaçları (90/10)	77,67 ± 13,72 Gradyan artırma ağaçları (90/10)
H5: Hataları önleme	96,44 ± 2,27 Gradyan artırma ağaçları (90/10)	80,29 ± 18,47 Gradyan artırma ağaçları (90/10)
H6: Hatırlamak yerine tanıma	97,00 ± 4,47 Hızlı geniş marjin (95/5)	83,33 ± 23,57 Hızlı geniş marjin (95/5)
H7: Esneklik ve kullanım verimliliği	99,00 ± 2,24 Genelleştirilmiş lineer model, hızlı geniş marjin, karar ağaçları, gradyan artırma ağaçları (95/5)	80 ± 0,00 Genelleştirilmiş lineer model, hızlı geniş marjin, karar ağaçları, gradyan artırma ağaçları (95/5)
H8: Estetik ve minimalist tasarım	100,00 ± 0,00 Genelleştirilmiş lineer model, hızlı geniş marjin, karar ağaçları, gradyan artırma ağaçları, destek vektör makineleri (95/5)	100 ± 0,00 Genelleştirilmiş lineer model, hızlı geniş marjin, karar ağaçları, gradyan artırma ağaçları, destek vektör makineleri (95/5)
H9: Kullanıcıların hataları tanınmasına ve düzeltilmesine yardımcı olma	100,00 ± 0,00 Gradyan artırma ağaçları (90/10, 95/5)	100 ± 0,00 Gradyan artırma ağaçları (90/10, 95/5)
H10: Yardım ve dokümantasyon	92,95 ± 4,44 Hızlı geniş marjin (95/5)	58,82 ± 0,00 Hızlı geniş marjin (95/5)

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında kullanılabilirlik sezgiselleri geliştirme sürecini etkin hale getirebilmek için veri madenciliği ve makine öğrenmesi tekniklerinin nasıl kullanılabilceği gösterilmiştir. Öncelikle TV ve set üstü cihaz arayüzü ile ilgili kullanılabilirlik problemleri ilişkilendirme kuralları tekniği ile incelenmiş ve kullanılabilirlik sezgiselleri ile ilişkileri açısından sahip oldukları örüntüler belirlenmiştir. Ayrıca kullanılabilirlik problemlerinin kullanılabilirlik problemleri ile ilişkileri naive bayes, logistik regresyon, hızlı geniş marjin, derin öğrenme, rastgele orman, gradyan artırma ağaçları, destek vektör makineleri teknikleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Kullanılabilirlik problemlerinin sezgisellerle eşleştirilmelerinin tahmin edilmesi konusunda sınıflandırıcıların doğruluk oranları %90 değerinin üzerinde, F1-skorları ise %75 değerinin üzerinde gerçekleşmiştir. Genel olarak gradyan artırma ağaçları tekniği diğer sınıflandırıcılara kıyasla daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışma sonuçlarına göre sezgisel geliştirme süreçlerinde makine öğrenmesi teknikleri süreçleri hızlandırarak kullanılabilirlik uzmanlarına destek olabilir.

Çalışmanın bazı kısıtları da bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece TV ve set üstü cihaz arayüzleriyle ilgili kullanılabilirlik problemleri toplanmıştır. Farklı sistemlerle ve arayüzlerle ilgili kullanılabilirlik problemleri ile sezgiseller arasındaki ilişkilerin incelenmesi makine öğrenmesi tekniklerinin performanslarını objektif olarak görmek açısından faydalı olacaktır. Ayrıca sonuçlar veri setinin küçük ve dengesiz olması sebebiyle sınıflandırıcıların kullanılabilirlik problemlerinin bazı sezgisellerle ilişkilerini tahmin etmek konusunda düşük performans sergilediğini göstermiştir. Bu sebeple daha çok veri toplanarak benzer çalışmalar yapılması sayesinde daha güvenilir örüntüler elde edilebileceği gibi sınıflandırma algoritmaları da daha iyi performans sergileyebilecektir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından TÜBİTAK 3001 programı ile desteklenmiştir (Proje numarası: 217M143, 2018). TÜBİTAK'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Boza, B. C., Schiaffino, S., Teyseyre, A., & Godoy, D. (2014). An approach for knowledge discovery in a web usability context. In Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, 393-396.
- Chamba-Eras, L., Jacome-Galarza, L., Guaman-Quinche, R., Coronel-Romero, E., & Labanda-Jaramillo, M. (2017, April). Analysis of usability of universities Web portals using the Prometheus tool-SIRIUS. In 2017 Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), IEEE, 195-199.
- Dökeroğlu, T., Malık, Z. M. M., & Shadi, A. S. (2018). Gözetimsiz Makine Öğrenme Teknikleri ile Miktarla Dayalı Negatif Birliktelik Kural Madenciliği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 1119-1138.
- El-Halees, A. M. (2014). Software Usability Evaluation Using Opinion Mining. *JSW*, 9(2), 343-349.
- Etemadi, V., Bushehrian, O., & Akbari, R. (2017). Association rule mining for finding usability problem patterns: A case study on StackOverflow. In 2017 International Symposium on Computer Science and Software Engineering Conference (CSSE), IEEE, 24-29.
- González, M. P., Granollers, T., & Lorés, J. (2006). A hybrid approach for modelling early prototype evaluation under user-centred design through association rules. In International Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems, Springer, Berlin, Heidelberg, 213-219.
- González, M. P., Lorés, J., & Granollers, A. (2008). Enhancing usability testing through datamining techniques: A novel approach to detecting usability problem patterns for a context of use. *Information and software technology*, 50(6), 547-568.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining concepts and techniques third edition. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 83-124.
- Hermawati, S., & Lawson, G. (2015). A User-Centric Methodology to Establish Usability Heuristics for Specific Domains. In Proceedings of the International Conference on Ergonomics & Human Factors, (pp. 80-85). Northamptonshire, UK: April 13-16.
- Hub, M., & Capkova, V. (2010). Heuristic Evaluation of Usability of Public Administration Portal. In Proceedings of the International Conference on Applied Computer Science, (pp. 234-239). The Netherlands: University of Amsterdam, May 31-June 2.
- ISO (1998). Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs). Part 11: Guidance on Usability (ISO 9241-11:1998). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/16883.html>
- Ivory, M. Y., & Hearst, M. A. (2001). The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 33(4), 470-516.
- Jimenez, C., Allende Cid, H., & Figueroa, I. (2017). PROMETHEUS: PROcedural and METHodology for developing HEuristics of Usability. *IEEE Latin America Transactions*, 15(3), 541-549. <https://doi.org/10.1109/TLA.2017.7867606>
- Kaya, A., Gumussoy, C. A., Ekmen, B., & Bayraktaroglu, A. E. (2021). Usability heuristics for the set-top box and TV interfaces. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 31(3), 270-290.
- Kılınc, D., Borandağ, E., Yücalar, F., Tunalı, V., Şimşek, M., & Özçift, A. (2016). KNN algoritması ve r dili ile metin madenciliği kullanılarak bilimsel makale tasnifi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 28(3), 89-94.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic Evaluation of User Interfaces. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, (pp. 249-256). Washington, USA. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering, Academic Press.
- Nielsen, J. (1994). How to Conduct a Heuristic Evaluation. Retrieved August 8, 2020, from <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>
- Nielsen, J. (1995). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Retrieved August 10, 2020, from <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Oztekin, A., Delen, D., Turkyilmaz, A., & Zaim, S. (2013). A machine learning-based usability evaluation method for eLearning systems. *Decision Support Systems*, 56, 63-73.
- Quinones, D., & Rusu, C. (2017). How to Develop Usability Heuristics: A Systematic Literature Review. *Computer Standards & Interfaces*, 53, 89-122. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.03.009>
- Quinones, D., Rusu, C., & Rusu, V. (2018). A Methodology to Develop Usability/User Experience Heuristics. *Computer Standards & Interfaces*, 59, 109-129. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.03.002>
- Rusu, C., Roncagliolo, S., Rusu, V., & Collazos, C. (2011). A Methodology to Establish Usability Heuristics. In Proceedings of the Fourth International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2011), (pp. 59-62). Gosier, Guadeloupe, France: February 23-28.
- Sagar, K., & Saha, A. (2016). Enhancing usability inspection through data-mining techniques: an automated approach for detecting usability problem patterns of academic websites. In International Conference on Intelligent Human Computer Interaction, Springer, Cham, 229-247.
- Srikant, R., & Agrawal, R. (1995). Mining generalized association rules. In 21st VLDB Conference Zurich, Switzerland, 407-419.
- Wu, M., Wang, L., Li, M., & Long, H. (2014). An approach of product usability evaluation based on Web mining in feature fatigue analysis. *Computers & Industrial Engineering*, 75, 230-238.



Görüntüden Görüntüye Dönüşüm ve Görüntü Sentezleme Yapan Üretici Çekişmeli Ağların İncelenmesi

Sara Altun^{1*}, Muhammed Fatih Talu²

¹ İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2877-7105) sara.altun@inonu.edu.tr

² İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1166-8404) fatihaltu@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.949116)

ATIF/REFERENCE: Sara, A. & Muhammed Fatih, T. (2021). Görüntüden Görüntüye Dönüşüm ve Görüntü Sentezleme Yapan Üretici Çekişmeli Ağların İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 53-60.

Öz

Görüntüden görüntüye dönüşüm işlemi; görüntü işleme, bilgisayar grafikleri ve bilgisayarla görme alanındaki problem çözümlerinde kullanılmaktadır. Görüntüden görüntüye dönüşüm, belirli bir girdinin bir görsel temsilini başka bir temsille eşleştirmeyi öğrenmeyi gerektirmektedir. Üretici çekişmeli ağlarla (GAN'lar) görüntüden görüntüye dönüşüm yoğun bir şekilde incelenmiştir. Ve incelenen yöntemler çok modlu, süper çözünürlüklü, nesne dönüştürme ile ilgili dönüşüm vb. gibi birçok kısma uygulanmıştır. Ancak, görüntüden görüntüye dönüşüm teknikleri, istikrarsızlık ve çeşitlilik eksikliği gibi bazı sorunlardan muzdariptir. Bu çalışmada, GAN algoritmalarına ve türevlerine dayanan görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemlerine kapsamlı bir genel bakış açısı sağlama amaçlanmıştır. Ayrıca, görüntüden görüntüye dönüşüm teknikleri tartışılıp ve analiz edilmektedir. Son olarak gelecekteki araştırılan yöntemler özetlenmekte ve tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Görüntüden görüntüye dönüşüm, üretici çekişmeli ağlar, derin öğrenme

Review of Generative Adversarial Networks for Image-to-Image Translation and Image Synthesis

Abstract

Image to image translation process is used in image processing, computer graphics and computer vision problem solving. Image-to-image translation requires learning to match one visual representation of a given input to another representation. Image-to-image translation has been extensively studied with producer adversarial networks (GANs). And the methods studied are multimodal, super tool, transformation into an object, and so on. It has been applied to many parts such as. However, it suffers from some issues such as image-to-image formatting, instability, and lack of variety. This article is intended to provide a comprehensive overview of the image translation methods according to GAN algorithms and their derivatives. In addition, its image-to-image formation is discussed and analyzed. Finally, future research methods are summarized and discussed.

Keywords: Image-to-image translation, generative adversarial networks, deep learning.

* Sorumlu Yazar: İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2877-7105, sara.altun@inonu.edu.tr

1. Giriş

Derin öğrenme algoritmalarının hızlı ilerleyişi ile birçok bilgisayar görme uygulaması için dijital görüntüleri analiz etme ve anlama işlemleri son yıllarda ilgi odağı olmuştur. Bu çalışma GAN algoritmalarını ve varyantlarını kullanarak görüntüden görüntüye dönüşüme kapsamlı bakış sağlar. Üretken çekişmeli ağlara (GANlar) genel giriş yapılı ve GAN değişkenleri, yapıları ve amaç işlevleri gösterilir. Görüntüden görüntüye dönüşüm yaklaşımları, en son teknolojiye sahip algoritmalar, teori, uygulamalar ve açık zorluklar dâhil olmak üzere ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Görüntüden görüntüye dönüşüm yaklaşımları, denetimli ve denetimsiz türler olarak sınıflandırılır. Bu çalışmanın katkıları şu şekilde özetlenebilir: (1)Görüntüden görüntüye dönüşüm yaklaşımları, derinlemesine açıklamalarla denetimli ve denetimsiz türler olarak sınıflandırılmaktadır. (2) Aynı zamanda karşılaştırma veri kümelerini, değerlendirme metriğini ve görüntüden görüntüye dönüşüm uygulamalarını da özetlenmektedir.

Bu çalışmanın yapısını özetleyecek olursak 2.bölümde, hem denetimli hem de denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm tekniklerini tanıtılmış ve tartışılmıştır. Bölüm 3'te görüntüden görüntüye dönüşüm yapıldıktan sonra kullanılan değerlendirme metrikleri açıklanmıştır. Devamında kullanılan yöntemlerin genel özellikleri tablo ile açıklanmıştır. Bölüm 4'te genel olarak elde edilen sonuçlara ve gelecekteki çalışmalara nasıl bir yön vereceği açıklanıp bitirilmiştir.

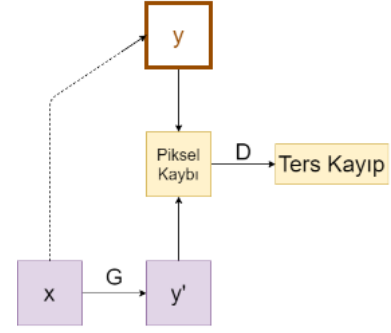
2. Üretici Çekişmeli Ağlarda Görüntüden Görüntüye Dönüşüm

2.1. Görüntüden Görüntüye Dönüşüm Teknikleri

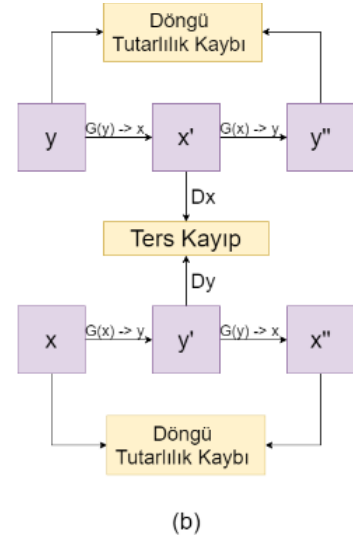
Bu bölümde, görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemleri, Şekil 1'de gösterildiği gibi denetimli ve denetimsiz türler olarak sınıflandırılmıştır.

Denetimli dönüşüm yöntemi farklı iki alandaki (X, Y) , (x, y) görüntü çiftini barındırır ve her $x \in X$ görüntüsü ile başka bir $y \in Y$ alanından karşılık gelen bir görüntü için $G: X \rightarrow Y$ dönüşümcüsünü kullanırken bir olasılık dağılımını öğrenir. Denetimli dönüşüm bazı durumlarda yüksek kaliteli görüntü üretmek için kaynak görüntülere göre koşullandırılmış etki alanı görüntülerini veya sınıf etiketlerini kullanır. Denetimli dönüşüm ayrıca aşağıdaki bölümlerde açıklandığı gibi yönlü ve çift yönlü dönüşüm olarak ikiye ayrılır. Bu yöntemlerin nasıl bir ilerleyişe sahip olduğu Şekil 2'de gösterilmektedir.

Denetimsiz dönüşüm yöntemi gösterildiği gibi, iki üretici haritalama işlemi $G: X \rightarrow Y$ ve $F: Y \rightarrow X$ ve iki düşman ayırıcı D_y ve D_x olan simetrik bir yapıdır. Denetimsiz dönüşüm yöntemlerinin nasıl bir ilerleyişe sahip olduğu Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Denetimli görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemleri (Pix2Pix gibi denetlenen yöntemler)



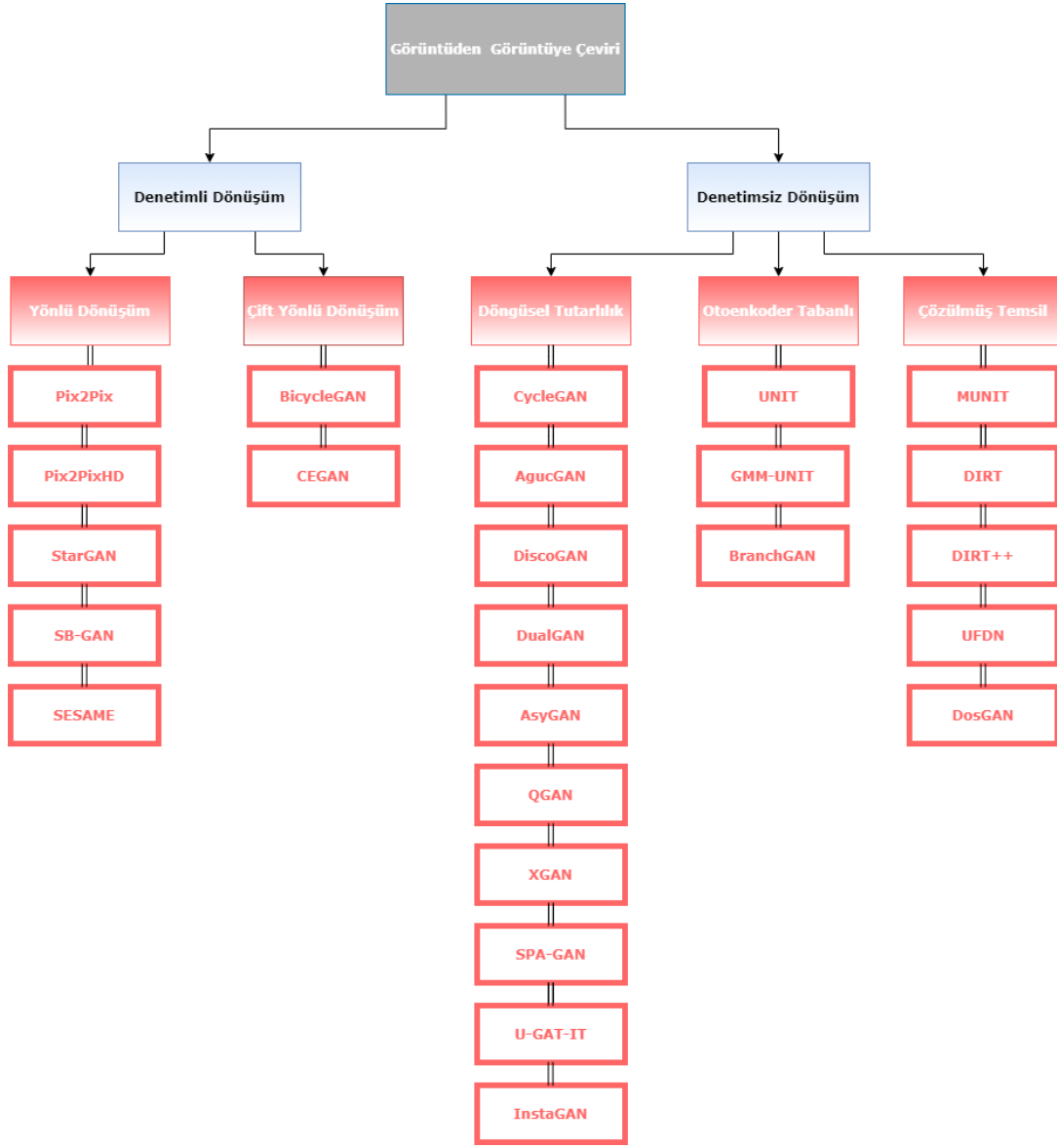
Şekil 3. Denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemleri (CycleGAN, DualGAN ve DiscoGAN, InstaGAN gibi denetimsiz yöntemler)

2.1.1. Denetimli Dönüşüm

Denetimli dönüşüm yapmak için birçok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler yönlü ve çift yönlü dönüşüm olmak üzere ikiye ayrılır.

a. Yönlü dönüşüm

Pix2Pix (Isola ve ark., 2017) koşullu üretici çekişmeli ağa dayanan denetimli görüntüden görüntüye dönüşüm yaklaşımıdır. Pix2Pix, iki veri kümesi kullanır ve bire bir eşlemeyi öğrenmek için eşleştirilmiş görüntüler gerektirir. Veri kümelerinden biri girdi olarak kullanılırken diğeri koşul girdisi olarak kullanılır. Üretici ağ, her katmana atlama bağlantılarına dayanan "U-Net" tabanlı bir mimari kullanır. Buna karşılık ayırıcı, sınıflandırıcı olarak evrişime dayalı bir "PatchGAN" kullanır. Pix2Pix'in amaç işlevi, L2 yerine L1 normuna sahip cGAN'ı kullanmaktadır. Bu da daha az bulanıklığa yol açar.



Şekil 1. Genel Görüntüden Görüntüye Dönüşüm Yapan Üretici Çekişmeli Ağlar

Pix2Pix gibi cGAN'a dayanan çeşitli görüntüden görüntüye dönüşüm uygulamalarına olanak sağlasa da, üretilen görüntüler yine de düşük çözünürlüklü ve bulanık olabilmektedir. Wang ve arkadaşları (Wang ve ark., 2018) genelden özele bir üretici ağ, üç çok boyutlu ayrıştırıcıya dayalı bir mimari ve güçlü bir çekişmeli öğrenme işlemleri kullanarak çıktı görüntülerinin çözünürlüğünü 2048×1024 'e yükseltmek için Pix2pixHD'yi önermiştir.

Önceki bahsedilen çalışmalar iki alanla (X, Y) sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu düşünceden yola çıkılarak, yalnızca tek bir üretici ve bir ayrıştırıcı ağ kullanarak çok alanlı görüntüden görüntüye dönüşüm için birleşik bir GAN olan StarGAN (Choi ve ark., 2018) önerilmiştir. Üretici ağ girdi görüntüsünü (x) çıktı görüntüsüne (y) çevirmek için eğitilir, etki alanı etiket bilgisi c , $G(x, c) \rightarrow y$ üzerinde koşullandırılır. Çoklu veritabanları arasında k alanı $k(k-1)$ arasındaki eşlemeyi öğrenmek için etki alanı etiketlerini kontrol etmek, bilinmeyen etiketleri göz ardı etmek ve belirli bir veri kümesine ait belirli bir etikete odaklanmak için maske vektörü m kullanılır. StarGAN, birden fazla alanı kontrol

etmek için ayrıştırıcı ağın üstüne bir yardımcı sınıflandırıcı ekleyerek ve üretici ağına döngü tutarlılığı uygulayarak birden çok veritabanını aynı anda eğitmek için tek bir üretici ağ ve bir ayrıştırıcı ağ gerektirir (Wu ve ark., 2017).

SB-GAN (Azadi ve ark., 2019) rastgele görüntüden başlayarak, bir bölütleme düzeni sentezler ve bölütleme sentezi ağını gerçekçi görünen bölütleme düzenlerine yönlendirmek için ayrıştırıcı ağ kullanır. Oluşturulan düzen daha sonra son görüntünün sentezlenmesi için bir koşullu görüntü sentez ağına girdi olarak sağlanır. Koşullu görüntü sentez ağını gerçek bölütleme düzenleriyle eşleştirilmiş gerçekçi görüntülere yönlendirmek için ikinci bir ayrıştırıcı ağ kullanılır. Son olarak, koşullu görüntü sentez ağını temelde gerçeğe uyan görüntüler oluşturmaya yönlendirmek için üçüncü bir koşulsuz ayrıştırıcı ağ kullanılır.

SESAME yöntemi (Ntavelis ve ark., 2020) üretici ağı, anlamsal maske tarafından belirlenen pikselleri oluşturmayı amaçlar. Sınıf içi üretime rehberlik etmek için kod çözücündeki alıcı alanı ve SPADE katmanlarını artırmak için genişletilmiş evrişimlere sahip bir kodlayıcı-kod çözücü mimarisine sahiptir. SESAME ayrıştırıcı ağı, yaygın olarak kullanılan

PatchGAN'ın aksine RGB görüntüsünü ve semantiğini bağımsız olarak işler. Son evrişimli katmandan önce iki akış, DRGB ve DSem birleştirilir. SESAME'de, Toplam Küresel Havuzlama işlemiyle çıktı yamalarının sayısına eşit uzamsal boyutların 2B matrisine indirgenir. Her yoldaki DRGB özellik vektörü DSem tarafından ölçeklendirilir ve ürüne bir kalıntı eklenir.

b. Çift yönlü dönüşüm

BicycleGAN (Zhu ve ark., 2017), eşleştirilmiş eğitim görüntüleri gerektiren çok modellenli bir alanlar arası dönüşüm yöntemidir. Gerçekçi ve çeşitli çıktılar oluşturmak için koşullu değişken otomatik kodlayıcıyı (cVAE) koşullu gizli regresör (cLR) ile birleştirir. Bu model, üretici ağ için bir U-Net ve ayırıcı için iki PatchGAN kullanan geleneksel LSGAN'dır. BicycleGAN, eğitim sürecini stabilize etmek için çapraz entropi kaybı yerine en küçük kareler kayıp fonksiyonunu kullanır.

Bu yöntemlere ek olarak, gerçekçi ve çeşitli görüntüler oluşturmak için koşullu üretme modellerine dayanan çok modellenli haritalamayı öğrenmeye yönelik yeni bir görüntüden görüntüye dönüşüm yaklaşımı olarak CEGAN (Xiong ve ark., 2019) önerilmiştir. CEGAN, gizli alan ile gerçek görüntü alanı arasında sıkı bağlantılar kurarak olası çoklu sonuç modlarının dağılımını yakalar. Model, üretici G, ayırıcı D ve kodlayıcı E'den oluşur. Bu modelde ayırıcı ağ, diğer önerilen GAN yöntemlerinden farklı olarak, gerçekçi görünümü görüntüler üretme yaparken fazlalık ve gürültünün etkisini azaltmak için gerçek görüntü alanı yerine gizli uzaydaki gerçek ve sahte örnekleri ayırt etmede kullanır.

2.1.2. Denetimsiz Görüntüden Görüntüye Dönüşüm

Eşleştirilmiş görüntüler olmadan iki veya daha fazla etki alanı arasındaki eşlemeyi öğrenmeyi amaçlamaktadır ve son zamanlarda görüntüden görüntüye dönüşümde çapraz eşlemeyi öğrenme yeteneği nedeniyle yoğun bir şekilde araştırılmıştır. Denetimsiz dönüşüm yapmak ve sınırlı eğitim örnekleri sorununu hafifletmek için birçok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler üç gruba ayrılır: dögüsel tutarlılık tabanlı, otomatik kodlayıcı tabanlı ve çözülmüş gösterim kullanan yöntemler.

a. Dögüsel tutarlılığı ile denetimsiz dönüşüm

Eşleştirilmemiş görüntüden görüntüye dönüştürme sorunlarının üstesinden gelmek için dögüsel kayıplar, üç tür kayıp kullanarak girdi ve çevrilen görüntü arasındaki temel öznitelikleri korumak için kullanılır: ters kayıp, dögüsel tutarlılık kaybı ve yeniden yapılandırma kaybı. Yeniden yapılandırma kaybı, dönüşümü, iki eşleme işlevinden oluşan kimlik eşlemesine yakın olacak şekilde düzenlemek için kullanılır. Burada birincisi, giriş etki alanından hedef etki alanına ileri dögü eşlemesini ve ikinci işlevi, yani bir geriye doğru işlev eşlemesini öğrenir, ileriye doğru haritalamanın tersini öğrenir (Tripathy ve ark., 2018).

Her iki işlev de, Şekil 2'te gösterildiği gibi, iki kayıp işlevi kullanılırken, yani ters kayıplar ve dögüsel tutarlılık kayıpları kullanılarak aynı anda eğitilir. Zhu ve arkadaşları (Zhu ve ark., 2017) iki üretici ağ ve iki ayırıcı kullanarak iki farklı alandan eşleştirilmemiş görüntülerin bir koleksiyonu arasındaki eşleştirmeyi öğrenen denetimsiz bir görüntüden

görüntüye dönüşüm yöntemi önermektedir. CycleGAN iki haritalama işlevi $G: X \rightarrow Y$ ve $F: Y \rightarrow X$ ve iki çekişmeli ayırıcı D_y ve D_x olan simetrik bir yapıdır. Üretici G , girdiyi X alanından Y 'ye eşler, üretici F , Y 'den X 'e girişi eşler. Ayırıcı $D(y)$, y 'yi $G(x)$ 'den ayırt ederken, ayırıcı $D(x)$, x 'i $F(y)$ 'den ayırır. CycleGAN'ın amaç işlevi iki terim içerir: rakip kayıplar ve dögüsel tutarlılık kayıpları. Hedef görüntülerin oluşturduğu görüntülerdeki çekişmeli kayıplar, aşağıdakilerin dağılımını eşleştirmek için kullanılır.

CycleGAN yöntemi; nesne dönüştürme, koleksiyon stili aktarımı, sezon aktarımı, fotoğraf geliştirme vb. dahil olmak üzere birçok görüntüden görüntüye dönüşüm görevine başarıyla uygulanmıştır. Aynı zamanda CycleGAN yalnızca bire bir eşleştirmeyi öğrenebilir. Yakın zamanda önerilen artırılmış CycleGAN (AgucGAN) (Almahairi ve ark., 2018), CycleGAN'a benzer bir fikir ortaya koyar. Ancak her bir alana yardımcı gizli kodlar ekleyerek denetimsiz ortamda iki alan arasında çoktan çoğa eşleştirme öğrenir.

Benzer şekilde, DiscoGAN (Kim ve ark., 2017) ve DualGAN (Yi ve ark., 2017), dögüsel tutarlılığa dayalı eşleştirilmemiş görüntüden görüntüye dönüşüm sorununu çözmek için aynı anda önerilmiştir. DiscoGAN, yeniden yapılanma kayıplarını kullanarak farklı alanlar arasındaki ilişkileri keşfetmeyi öğrenirken; DualGAN, Wasserstein GAN kullanarak ikili öğrenmeye dayanmaktadır.

Son zamanlarda dögüsel tutarlılık oluşturulurken yardımcı değişken (aux) ekleyerek asimetric alanlar arasında eşleşmemiş görüntüden görüntüye dönüşüm modellemek için asimetric çerçeve kullanan AsymGAN (Li ve ark., 2019) önerilmiştir. Aux, verimsiz ve verimli alanlar arasındaki ekstra bilgileri öğrenmek için kullanılır. Farklı alanlar ve dengesiz bilgi arasındaki karmaşıklıkta içeren zorluklar bu değişken kullanılarak çözümler ve daha iyi dengelenir. AsymGAN, farklı aux değişkenlerini kullanarak çeşitli ve daha yüksek kaliteli çıktılar üretebilmektedir. CycleGAN ve denetimsiz piksel düzeyinde görüntüden görüntüye dönüşüm odaklanan ilgili yaklaşımların aksine, yüksek kaliteli ve çeşitli görüntüler ürettiği kanıtlanmıştır.

Chen ve ark. (2019) denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm için kalite kaybına dayanan birleşik bir kalite duyarlı GAN (QGAN) çerçevesi önermektedir. QGAN tasarımı, kaliteye duyarlı kaybın - klasik kalite değerlendirme kaybı ve rakip kayba ek olarak uyarlanabilir algısal kalite farkındalık kaybı olmak üzere iki ayrıntılı uygulamasını içerir.

XGAN (Royer ve ark., 2020), semantik tutarlılık kaybına dayalı olarak denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm için önerilen ikili bir düşman otomatik kodlayıcıdır. XGAN, piksel seviyesindeki bilgilerden ziyade ortak özellik seviyesindeki bilgileri öğrenmek için her iki alanın paylaşılan özellik temsiliyi yakalar. Etki alanları arasında görüntünün anlamsal içeriğini korumak için her iki alanın dönüşümünde de anlamsal tutarlılık kaybı kullanılır.

SPA-GAN (Emami ve ark., 2020), denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm işlevleri için etkili bir uzamsal dikkat mekanizması sunmaktadır. SPA-GAN, ayırıcıdaki uzamsal dikkat haritalarını hesaplar ve doğrudan üretici ağı geri besler. Bu, üretici ağı görüntüden görüntüye dönüşümde en çok ayırt edici alanlara odaklanmaya zorlar. SPA-GAN ayrıca, gerçek

ve sahte görüntülerin özellik haritalarının farkı olarak tanımlanan özellik haritası kaybı terimi sunmaktadır ve üretici ağları daha gerçekçi çıktı görüntülerine yol açan görüntü dönüşümsü sırasında alana özgü özellikleri korumaya teşvik eder. SPA-GAN'da, giriş görüntülerini sınıflandırmanın yanı sıra ayrıştırıcı, üretici ağla beslenen ve en ayırt edici nesne parçalarına odaklanmasına yardımcı olan uzamsal dikkat haritaları da üretir. Özellik eşleme kaybı, görüntü dönüşümünde alana özgü özellikleri korumak için kullanılır.

U-GAT-IT (Kim ve ark., 2019) sabit bir ağ mimarisi ve hiper parametre ile çeşitli veri setlerinde görsel olarak daha güzel sonuçlar üreten dikkat modülü ve AdaLIN (Uyarlanabilir Katman-Örnek Normalleştirme) ile denetimsiz görüntüden görüntüye çeviri yöntemidir. AdaLIN işlevi, veri setlerine bağlı olarak öğrenilen parametrelerle şekil ve dokudaki değişiklik miktarını esnek bir şekilde kontrol etmek için dikkat yönlendirmeli modeline yardımcı olur. Uyarlanabilir Katman Örneği Normalizasyonunun (AdaLIN), farklı miktarda geometri ve stil değişiklikleri içeren çeşitli veri kümelerini çevirmek için gerekli olduğu bulunmuştur.

Mo ve ark. (2018), temelini CycleGAN'dan alan InstaGAN'ı önermişlerdir. InstaGAN, önceki yöntemlerden farklı olarak birden fazla hedef görüntüye ulaşabilmeyi sağlayan görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemi önermişlerdir. Örneğin moda görüntülerinde kottan eteğe çevirme gibi görüntüden görüntüye dönüşümde başarı göstermiştir. Her ağ, hem bir görüntüyü hem de bir dizi örnek maskesini kodlamak için tasarlanmıştır. G permütasyon eşdeğeridir ve D set sırasına göre permütasyon değişmezdir. Özellikleri elde etmek için, değişmezlik için tüm set öğelerinin özelliklerini toplar ve sonra onu eşdeğerlik için kimlik eşlemesiyle birleştirilir. Karşılaştırma yaparken CycleGAN + Seg denilen maske ile artırılmış görüntüyü dönüştüren ek bir giriş kanalı ile bir CycleGAN modelini eğitmektedir.

b. Otomatik kodlayıcı tabanlı modellerle denetimsiz dönüşüm

Otomatik kodlayıcı, hem bir kodlayıcıdan hem de giriş görüntülerini gizli gösterime dönüştüren bir kod çözücüdür oluşur. Bu sıkıştırılmış vektör, yüksek kaliteli görüntüler oluşturmak için üretici ağ beslenir.

UNIT (Liu ve ark., 2017), denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm için CoGAN ve VAE'lerin birleşim çerçevesidir. Paylaşılan gizli alan varsayımına dayanmaktadır. Ağırlık paylaşımı kısıtlaması, paylaşılan gizli alanı iki alanda karşılık gelen görüntüleri oluşturmaya zorlamak için kullanılır. UNIT çerçevesi iki kodlayıcı, iki üretici ve iki ayrıştırıcıdan oluşur. Bununla birlikte, UNIT iyi performans göstermesi için iki alanın benzer modellere sahip olmasını gerektirir. Birleştirilmiş üretici rakip ağ (CoGAN)(Liu ve ark., 2016) yönteminin yazarları, çok alanlı görüntülerin denetimsiz bir şekilde ortak dağıtımını öğrenmek için bir çift GAN kullanmayı önermiştir. CoGAN, gerekli alan adlarını eşleştirmek için aynı yapıya sahip GAN çiftlerini kullanır. Her bir GAN çifti, ilk birkaç katmanın ve son birkaç katmanın ağırlıklarını paylaşmaya zorlanır, bu da CoGAN'ın marjinal alan dağılımlarından ayrı olarak alınan örneklerden çoklu alanların ortak dağılımlarını öğrenmesini sağlar.

Daha yakın zamanlarda, Liu ve ark. (2020), temsil içeriğini etki alanı özneliklerinden ayıran denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemi önermiştir. Gizli alan özneliği bir Gauss karışım modeli (GMM) ile modellendiğinden GMM-UNIT modeli olarak adlandırılmıştır. Bu modelde, karışımdaki her Gauss bileşeni bir alan ile ilişkilendirilmiştir. GMM-UNIT'in iki temel avantajı vardır. Birincisi, çok modellenli ve çok alanlı dönüşüme izin verir. İkincisi, alanlar arasında enterpolasyona ve görünmeyen alanlara ekstrapolasyona ve dönüşüme izin verir. DIRT ++ 'dan farklı olarak GMM-UNIT, sıfır veya az vuruşlu görüntüler oluşturmaya izin veren sürekli bir etki alanı kodlaması önerisini gerektirmektedir.

Zhou ve ark. (2019), iki alan için tek kodlayıcı-çift kod çözücü mimarisine dayanan denetimsiz bir karşılıklı görüntüden görüntüye dönüşüm modeli BranchGAN'ı önerdi. BranchGAN, aynı kodlayıcıyla iki alanın paylaşılan dağıtımını kullanarak bir görüntüyü bir etki alanından başka bir etki alanına aktarır. Modeli, iki görüntü alanının ortak dağılımını öğrenmek üzere eğitmek için yeniden yapılandırma kaybı, kodlama kaybı ve rakip kaybı kullanır.

c. Çözülmüş temsil ile denetimsiz dönüşüm

Son zamanlarda denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm yaklaşımları, bir içerik kodlayıcı ve bir stil kodlayıcı (Guo ve ark.,2019) ile veri varyasyonlarının faktörlerini modelleyen çözülmüş gösterimi öğrenir. Huang ve ark. (2018), görüntülerin gizli uzayının ikiye ayrıştırılabileceğini varsayan, denetimsiz çok modlu bir görüntüden görüntüye dönüşüm (MUNIT) çerçevesi önerdi. MUNIT modelinde bir içerik alanı ve bir stil alanı mevcuttur. MUNIT, iki otomatik kodlayıcıdan oluşur ve her bir otomatik kodlayıcının gizli kodu, içerik kodu ve stil koduyla çarpanlara ayrılmıştır. İçerik kodu, dönüşüm sırasında korunması gereken temel uzamsal yapıyı kodlarken; stil kodu, giriş görüntüsünde yer almayan yapının oluşturulmasını temsil eder. Görüntüyü hedef alana dönüştürmek, çeşitli ve çok modlu çıktılar üretmek için içerik kodu, hedef stil uzayındaki stil uzayından örneklenen farklı bir stil koduyla yeniden birleştirilir.

Model, her alan için bir tane olmak üzere iki otomatik kodlayıcıdan (sırasıyla kırmızı ve mavi oklarla gösterilir) oluşur. Her bir otomatik kodlayıcının gizli kodu, bir içerik kodu c ve bir stil kodundan oluşur. Modeli, hem görüntüleri hem de gizli kodları yeniden yapılandıran iki yönlü yeniden yapılandırma hedeflerinin (kesikli çizgiler) yanı sıra, dönüştürülen görüntülerin hedef alandaki gerçek görüntülerden ayırt edilemez olmasını sağlayan rakip hedeflerle (noktalı çizgiler) eğitirler. Karşılıklı kayıp ve çift yönlü yeniden yapılandırma kaybı terimlerinin ağırlıklı toplamı olan nihai hedefi optimize etmek için kodlayıcıları, kod çözücülerini ve ayırıcıları birlikte eğitirler.

Lee ve ark. (2018) , eşleştirilmiş eğitim görüntüleri olmadan çeşitli çıktılar üretmek için çözülmüş bir temsil çerçevesine dayanan çeşitli görüntüden görüntüye dönüşüm (DIRT) yöntemini önerdi. DIRT, gizli alanı paylaşılan bir içerik alanına ve alana özgü öznelik alanlarına ayırır. Ağırlık paylaşımı ve içerik ayırıcı stratejisi, yeni bir çapraz döngü tutarlılık kaybı ve içerik rekabeti kaybı uygulayarak içeriğin ve özneliklerin temsillerini çözmek için kullanılır. DIRT yöntemi sonrasında iki adım uygulayarak DRIT++ 'ya

genişletilmiştir. Bu iki adım: Örnek çeşitliliğini iyileştirmeye yardımcı olan mod çökme problemini hafifletmek için mod arayan düzenlilik terimi dâhil etmek ve ikincisi, çok alanlı görüntüden görüntüye dönüşmek için iki alanlı modeli dönüştürme sorunlarını genelleştirmek (Lee ve ark., 2020) .

Liu ve ark. (2018), birden fazla etki alanındaki verilerden etki alanı değişmeyen gösterimi öğrenen ve sürekli etki alanları arası görüntü dönüşümü ve manipülasyonu gerçekleştirebilen Birleşik Özellik Çözme Ağı (UFDN) adlı kompakt bir model önerdi. Kodlayıcı E, üretici G, piksel alanında Dx bir ayrıştırıcı ve özellik alanı Dv'de bir ayrıştırıcıdan oluşan Birleşik Özellik Çözme Ağına (UFDN)'dır.

Lin ve ark. (2019) etki alanı denetimli GAN (DosGAN) adı verilen denetimsiz görüntüden görüntüye dönüşüm çerçevesi önermiştir. Alana özgü bir özellik çıkarıcı, alandan bağımsız bir özellik çıkarıcı ve daha iyi alana özgü özellikleri ayıklamak ve görüntüleri dönüştürmek için bir görüntü üreticisinden oluşur. Alan bilgilerini, her alanın koşulsuz veya koşullu görüntüden görüntüye dönüşüm için belirli özelliklerini yakalamak üzere açık denetim olarak ele alır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bilgisayarla görme uygulamalarında görüntü sentezleme yapılırken GAN'lar büyük başarı elde ettiği görülmüştür (Isola ve ark., 2017; Wang ve ark., 2018; Choi ve ark., 2018; Almahairi ve ark., 2018; Zhu ve ark., 2017; Liu ve ark., 2017

). Bu çalışmada, yapıya dayalı olarak görüntüden görüntüye dönüşüm ile ilgili GAN yöntemlerine kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Hem denetimli hem de denetimsiz güncel görüntüden görüntüye dönüşüm teknikleri incelenir ve sınıflandırılır. Yakın gelecekte, kuantum üretici çekişmeli ağlar görüntü oluşturmayla ilgili karmaşık sorunların üstesinden gelmek için görüntüden görüntüye dönüşüm yöntemi olarak araştırılacak ve uygulanacaktır. GAN'lar son zamanlarda alanlar arası görüntüden görüntüye dönüşümde çok ilerleme kaydetmiştir. Denetimsiz öğrenme algoritmaları denetimli yaklaşımlarla karşılaştırılabilir performansla sahip olabilir. Eşleştirilmiş eğitim verilerinin edinilmesi pahalı olduğundan denetimsiz öğrenme yöntemine eğilim daha yüksek olacaktır. Açıklanan modelleri tek ve çok modlu algoritmalara da ayırabiliriz. UNIT, CycleGAN ve cGAN tek, CE-GAN, MUNIT, SPA-GAN, DualGAN ve BicycleGAN ise çok modlu algoritmalara aittir. Çok modlu yaklaşımlar, modelin çökmesi sorununu hafifletebilir ve aynı anda hem çeşitli hem de gerçekçi görüntüler üretebilir. Bu nedenle, çok modlu ve denetimsiz yaklaşımlar, gelecekte görüntüden görüntüye çevirinin ana akımı olabilir. Tablo 1'de üretici çekişmeli ağlarda görüntüden görüntüye dönüşüm için güncel yöntemlerin karşılaştırılmasıyla ilgili inceleme yapıp bilgi verilmiştir.

Tablo 1. Görüntüden görüntüye dönüşüm için güncel yöntemlerin karşılaştırılması.

Yöntem	Çift Yönlü Dönüşüm	Paylaşımlı Yapı	Birleşik Yapı	Çok-Alanlı Dönüşüm	Çok-Modlu Dönüşüm	Eşleşmemiş Görüntü
Pix2Pix ((Isola ve ark., 2017)	-	-	-	-	-	-
BicycleGAN ((Zhu ve ark., 2017)	✓	✓	-	-	✓	-
StarGAN (Choi ve ark., 2018)	✓	-	✓	✓	-	✓
CycleGAN (Zhu ve ark., 2017)	✓	-	-	-	-	✓
UNIT (Liu ve ark., 2017)	✓	✓	-	-	-	✓
GMM-UNIT (Liu ve ark., 2020)	✓	-	✓	✓	✓	✓
MUNIT(Guo ve ark.,2019)	✓	✓	-	-	✓	✓
DIRT++ (Lee ve ark., 2020)	✓	✓	-	✓	✓	✓
UFDN (Liu ve ark., 2018)	✓	✓	✓	✓	-	✓

4.Sonuç

Görüntü sentezlemek için ya da görüntüden görüntüye dönüşümde bilgisayar görmesi alanında GAN'lar son yıllarda büyük başarı elde etmişlerdir. Bu çalışmada, yapıya dayalı olarak görüntüden görüntüye dönüşüm ile ilgili GAN değişkenlerine kapsamlı bir genel bakış sunulmaktadır. Hem denetimli hem de denetimsiz son teknoloji görüntüden

görüntüye dönüşüm teknikleri incelenip ve sınıflandırılmaktadır. Gelecekte, görüntü oluşturmayla ilgili karmaşık sorunların üstesinden gelmek için görüntüden görüntüye dönüşüm için kuantum üretken karşıtlık ağı daha da araştırılacak ve uygulanacaktır.

Kaynakça

- Isola, P., Zhu, J. Y., Zhou, T., & Efros, A. A. (2017). Image-to-image translation with conditional adversarial networks. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1125-1134).
- Wang, T. C., Liu, M. Y., Zhu, J. Y., Tao, A., Kautz, J., & Catanzaro, B. (2018). High-resolution image synthesis and semantic manipulation with conditional gans. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 8798-8807).
- Choi, Y., Choi, M., Kim, M., Ha, J. W., Kim, S., & Choo, J. (2018). Stargan: Unified generative adversarial networks for multi-domain image-to-image translation. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 8789-8797).
- Wu, X., Xu, K., & Hall, P. (2017). A survey of image synthesis and editing with generative adversarial networks. *Tsinghua Science and Technology*, 22(6), 660-674.
- Azadi, S., Tschannen, M., Tzeng, E., Gelly, S., Darrell, T., & Lucic, M. (2019). Semantic bottleneck scene generation. arXiv preprint arXiv:1911.11357.
- Ntavelis, E., Romero, A., Kastanis, I., Van Gool, L., & Timofte, R. (2020, August). Sesame: Semantic editing of scenes by adding, manipulating or erasing objects. In European Conference on Computer Vision (pp. 394-411). Springer, Cham.
- Zhu, J. Y., Zhang, R., Pathak, D., Darrell, T., Efros, A. A., Wang, O., & Shechtman, E. (2017). Toward multimodal image-to-image translation. arXiv preprint arXiv:1711.11586.
- Xiong, F., Wang, Q., & Gao, Q. (2019). Consistent embedded GAN for image-to-image translation. *IEEE Access*, 7, 126651-126661.
- Tripathy, S., Kannala, J., & Rahtu, E. (2018, December). Learning image-to-image translation using paired and unpaired training samples. In Asian Conference on Computer Vision (pp. 51-66). Springer, Cham.
- Zhu, J. Y., Park, T., Isola, P., & Efros, A. A. (2017). Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 2223-2232).
- Almahairi, A., Rajeshwar, S., Sordoni, A., Bachman, P., & Courville, A. (2018, July). Augmented cyclegan: Learning many-to-many mappings from unpaired data. In International Conference on Machine Learning (pp. 195-204). PMLR.
- Kim, T., Cha, M., Kim, H., Lee, J. K., & Kim, J. (2017, July). Learning to discover cross-domain relations with generative adversarial networks. In International Conference on Machine Learning (pp. 1857-1865). PMLR.
- Yi, Z., Zhang, H., Tan, P., & Gong, M. (2017). Dualgan: Unsupervised dual learning for image-to-image translation. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 2849-2857).
- Li, Y., Tang, S., Zhang, R., Zhang, Y., Li, J., & Yan, S. (2019). Asymmetric GAN for unpaired image-to-image translation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 28(12), 5881-5896.
- Chen, L., Wu, L., Hu, Z., & Wang, M. (2019). Quality-aware unpaired image-to-image translation. *IEEE Transactions on Multimedia*, 21(10), 2664-2674.
- Royer, A., Bousmalis, K., Gouws, S., Bertsch, F., Mosseri, I., Cole, F., & Murphy, K. (2020). Xgan: Unsupervised image-to-image translation for many-to-many mappings. In Domain Adaptation for Visual Understanding (pp. 33-49). Springer, Cham.
- Emami, H., Aliabadi, M. M., Dong, M., & Chinnam, R. B. (2020). Spa-gan: Spatial attention gan for image-to-image translation. *IEEE Transactions on Multimedia*, 23, 391-401.
- Kim, J., Kim, M., Kang, H., & Lee, K. (2019). U-GAT-IT: unsupervised generative attentional networks with adaptive layer-instance normalization for image-to-image translation. arXiv preprint arXiv:1907.10830.
- Mo, S., Cho, M., & Shin, J. (2018). Instagan: Instance-aware image-to-image translation. arXiv preprint arXiv:1812.10889.
- Liu, M. Y., Breuel, T., & Kautz, J. (2017). Unsupervised image-to-image translation networks. arXiv preprint arXiv:1703.00848.
- Liu, M. Y., & Tuzel, O. (2016). Coupled generative adversarial networks. arXiv preprint arXiv:1606.07536.
- Liu, Y., De Nadai, M., Yao, J., Sebe, N., Lepri, B., & Alameda-Pineda, X. (2020). GMM-UNIT: Unsupervised Multi-Domain and Multi-Modal Image-to-Image Translation via Attribute Gaussian Mixture Modeling. arXiv preprint arXiv:2003.06788.
- Zhou, Y. F., Jiang, R. H., Wu, X., He, J. Y., Weng, S., & Peng, Q. (2019). Branchgan: Unsupervised mutual image-to-image transfer with a single encoder and dual decoders. *IEEE Transactions on Multimedia*, 21(12), 3136-3149.
- Guo, W., Wang, J., & Wang, S. (2019). Deep multimodal representation learning: A survey. *IEEE Access*, 7, 63373-63394.
- Huang, X., Liu, M. Y., Belongie, S., & Kautz, J. (2018). Multimodal unsupervised image-to-image translation.

In Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV) (pp. 172-189).

Lee, H. Y., Tseng, H. Y., Huang, J. B., Singh, M., & Yang, M. H. (2018). Diverse image-to-image translation via disentangled representations. In Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV) (pp. 35-51).

Lee, H.-Y.; Tseng, H.-Y.; Mao, Q.; Huang, J.-B.; Lu, Y.-D.; Singh, M.; Yang, M.-H. Dri++: Diverse image-to-image translation via disentangled representations. *Int. J. Comput. Vis.* 2020, 1–16.

Liu, A. H., Liu, Y. C., Yeh, Y. Y., & Wang, Y. C. F. (2018). A unified feature disentangler for multi-domain image translation and manipulation. arXiv preprint arXiv:1809.01361.

Lin, J., Chen, Z., Xia, Y., Liu, S., Qin, T., & Luo, J. (2019). Exploring explicit domain supervision for latent space disentanglement in unpaired image-to-image translation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence.*



Modifiye Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Konsol Dayanma Duvarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' e Göre Optimum Tasarımı

Esra Uray^{1*}, Büşra Nur Çıtırık²

¹KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1121-2880), esra.uray@karatay.edu.tr

²KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9294-2158), citirikbusra@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948040)

ATIF/REFERENCE: Uray, E. & Çıtırık, B.N. (2021). Modifiye Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Konsol Dayanma Duvarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Optimum Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 61-67.

Öz

Geoteknik mühendisliğinde iki farklı zemin seviyesi arasında meydana gelen yatay kuvvetlerin stabilitesinin sağlanmasında dayanma duvarları oldukça yaygın kullanılan bir çözümdür. Bu çalışmada Türkiye Deprem Yönetmeliği 2018' e göre konsol dayanma duvarının optimum tasarımı modifiye arı kolonisi algoritması kullanılarak araştırılmıştır. Doğadan esinlenerek geliştirilen yapay arı kolonisi algoritması, arıların besin kaynağı bulma sürecini taklit eden bir sezgisel optimizasyon yöntemidir. Konsol dayanma duvarının optimum tasarımlarını elde etmek için optimizasyon analizleri yapılmış ve amaç fonksiyonu konsol dayanma duvarının maliyeti olarak alınmıştır. Duvarın geometrisinden kaynaklanan boyut limitleri, statik ve dinamik yükler etkisinde kayma, devrilme ve taşıma gücü kontrollerinin normalize edilmiş matematiksel ifadeleri algoritmaya sınırlayıcılar olarak eklenmiştir. Optimizasyon analizlerinde, temel ön ve arka ampatman mesafeleri, gövdenin alt ve üst genişlikleri ve temel kalınlığı ayrı tasarım değişkeni olarak dikkate alınmış ve bu ayrı tasarım değişken değerleri kullanılarak tasarım kümesi oluşturulmuştur. Seçilen bölgelere göre Türkiye Deprem Haritası' ndan alınan farklı kısa periyot harita spektral ivme katsayıları ve farklı yerel zemin sınıfları için modifiye yapay arı kolonisi algoritması ile optimize edilmiş konsol dayanma duvarının minimum maliyetleri elde edilmiştir. Amaç fonksiyonunun minimum değerleri çeşitli zemin özellikleri ve deprem yüklerini içeren farklı tasarım durumları açısından karşılaştırılmıştır. Farklı tasarım durumları dikkate alınarak elde edilen optimum sonuçlar incelendiğinde değişen özelliklerin optimum tasarıma etkisi sezgisel optimizasyon analizleri ile mantıklı olarak kısa zamanda elde edilmiştir. Modifiye yapay arı kolonisi algoritmasının konsol dayanma duvar tasarımı gibi çok bilinmeyenli karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde etkili ve başarılı bir yöntem olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Konsol Dayanma Duvarı, Deprem yükü, Modifiye arı kolonisi algoritması, Ayrı değişkenli sezgisel tasarım optimizasyonu.

Optimum Design of Cantilever Retaining Wall with Modified Artificial Bee Colony Algorithm according to Turkish Building Earthquake Code 2018

Abstract

Retaining walls are a widely employed solution in geotechnical engineering to provide the stability of the lateral forces occurring between two different soil levels. In this study, the optimum design of the cantilever retaining wall according to the Turkish Earthquake Code 2018 has been investigated via a modified bee colony algorithm. The artificial bee colony algorithm, inspired by nature, is a heuristic optimization method that mimics the process of bees tried to find food sources. The optimization analyses have been conducted to obtain economical designs and the objective function has been taken as the cost of the cantilever retaining wall. Normalized

* Sorumlu Yazar: esra.uray@karatay.edu.tr

mathematical expressions of the size limits arising from the geometry of the wall and the checks of the sliding, overturning, and bearing capacity under the static and dynamic loads have been added to the algorithm as constraints. In the optimization analysis, the front and back extension length of the base, the top and bottom width of the stem, and the base thickness have been taken into consideration as the discrete design parameters and formed the design space utilizing these discrete values of parameters. The minimum costs of the cantilever retaining wall optimized by the modified artificial bee colony algorithm have been examined for different values of local soil classes and short-period map spectral acceleration coefficients taken from the Turkey Earthquake Map 2018 according to the selected regions. The minimum values of the objective function have been compared in terms of the different design cases includes variable values of soil properties and the earthquake loads. When the optimum results obtained by considering different design cases and earthquake loads have been examined, the effect of changing properties on the optimum wall design has been obtained coherently in a short time with heuristic optimization analysis. It has been observed that the modified artificial bee colony algorithm is an effective and successful method in solving complex engineering problems like the design of a cantilever retaining wall with many unknowns.

Keywords: Cantilever retaining wall, Seismic loads, Modified artificial bee colony algorithm, heuristic optimum design with discrete parameters.

1. Giriş

Geoteknik mühendisliğinde, farklı iki zemin kotu arasında statik ve dinamik yükleme etkileriyle meydana gelen yatay zemin yüklerin desteklenmesi probleminin çözümünde dayanma duvarları yaygın olarak kullanılmaktadır. Dayanma duvarlarının tasarımında statik ve dinamik yüklere göre elde edilen güvenli tasarımın elde edilmesinde seçilen duvar boyutlarına göre stabilite kriterlerini sağlayan tasarımın geleneksel yöntemlerle bulunması için deneme-yanılma yöntemi kullanılmaktadır. Bu tasarım sürecinde seçilen duvar boyutlarına göre gerekli kontroller yapılmakta ve duvar stabilitesinin sağlanmaması durumunda yeni duvar boyutlarına göre birçok deneme yapılarak güvenli dayanma duvar tasarımı elde edilinceye kadar bu süreç devam etmektedir. Zaman alan ve tekrarlayan duvar boyutlandırma sürecinden sonra elde edilen dayanma duvarı tasarımının ekonomik olduğu ve dolayısıyla yapı ağırlığına bağlı olarak yapı üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının oluşturduğu karbondioksit salınımı sebebiyle çevreci de olduğu garanti değildir. Ayrıca, konsol dayanma duvar tasarımının yapıldığı zemin ortamının özellikleri, desteklenecek zemin yüksekliği, zemin tabakalanma durumu ve yeraltı suyunun varlığı, yapı kullanım amacı, inşaa süresi gibi faktörler tasarımı karmaşık bir mühendislik problemi haline getirmektedir. Bu sebeple, bahsedilen faktörlerin ve mevcut yükler etkisinin dikkate alındığı durumda stabilite kriterleri sağlanmış güvenli, minimum yapı ağırlığına sahip ekonomik ve çevreci tasarımın mümkün olan en kısa zamanda elde edilmesinde optimizasyon yöntemlerinin kullanılması ön plana çıkmaktadır.

Birçok araştırmacının günümüz çok bilinmeyenli karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde sezgisel optimizasyon yöntemlerinin yaygın olarak kullanılması artan popülerliğini açıklamaktadır. Sezgisel optimizasyon yöntemlerinin gerçek çözümü garanti etmemekle birlikte kısa zamanda optimum sonuca yakınsayan güçlü ve etkili bir yöntem olması, basit yapısı ve kolaylıkla uygulanabilmesi sebebiyle konsol dayanma duvarlarının optimum tasarımlarının elde edilmesi ve maliyet analizlerinin yapılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzetimli tavlama algoritması, parçacık sürü optimizasyonu, büyük patlama-büyük büzülme algoritması, ateş böceği algoritması, öğretim-öğrenme temelli optimizasyon algoritması, harmoni arama algoritması, gri kurt algoritması, yapay arı kolonisi algoritması ile yapılan bilimsel araştırmalar literatürde bulunan örneklerdir (Camp & Akin, 2012; Ceranic et al., 2001; Chau & Albermani, 2003; Dağdeviren & Kaymak, 2018; Kalemci et al., 2020; Khajehzadeh et al., 2010; Sheikholeslami et al., 2014; Temur & Bekdas, 2016; Uray et al., 2021). Konsol dayanma duvar tasarımında dinamik yük etkisi deprem bölgelerinde yapılacak olan tasarımlar için göz önünde bulundurulması gereken bir

durumdur. Dayanma duvarlarının tasarımında deprem etkisi için Türk deprem yönetmeliklerinde belirtilen tasarım kriterlerinin dikkate alındığı birçok çalışma yapılmış (Arslan et al., 2018; Bilgin, 2006; Dalyan et al., 2020; Yıldırım, 2004) ve bu çalışmalarda deprem etkisi ile dayanma duvarı-zemin arasında meydana gelen etkileşim etkisinde duvar stabilitesinin kontrol edilmesinde etkili olan yatay zemin kuvvetinin belirlenmesi ile ilgili detaylar stabilite tahkikleri ile birlikte verilmiştir. Dayanma duvar tasarımında dikkate alınan deprem etkisi ile birlikte farklı zemin koşullarında güvenli ve ekonomik tasarımların elde edilmesi de karmaşık bir mühendislik problemi olup optimum tasarımların sezgisel yöntemler kullanılarak elde edilmesi mümkündür (Aydogdu, 2017; Kaveh et al., 2021; Kayhan & Demir, 2018; Ravichandran et al., 2021).

Bu çalışmada dayanma yapısı olarak yaygın uygulamaları olan konsol dayanma duvarının (KDD) optimum tasarımı modifiye arı kolonisi algoritması (Akay & Karaboga, 2012; Karaboga & Akay, 2011) kullanılarak araştırılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TDBY18) 'nde belirtilen stabilite kriterleri, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (TDTH, 2018) 'ndan alınan farklı deprem etkileri ve zemin özelliklerini kapsayan farklı tasarım durumlarına göre optimum KDD tasarımları elde edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. TDBY18' e göre Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Tasarım Probleminin Formülasyonu

TBDY (2018) ' e göre konsol dayanma duvarının (KDD) optimum tasarımının araştırılmasında duvara etkiyen yükler statik durum için aktif zemin basıncı (P_{as}), statik ve dinamik durumlar için toplam zemin basıncı (P_T) ve dinamik durum için aktif zemin basıncı (P_{ae}) stabilite tahkiklerinde dikkate alınmıştır. Bu yüklere göre gerçekleştirilen stabilite kontrolleri için TBDY18 (2018) dikkate alınmış ve temel zeminin nihai taşıma kapasitesinin (q_u) hesaplanmasında Meyerhof (1963) tarafından önerilen genel taşıma kapasitesi ifadesi kullanılmıştır (Das, 2007). Optimum KDD tasarımının stabilite tahkiklerinde dikkate alınan ayırık tasarım değişkenleri (duvar boyutları) belli bir artım miktarı ile alt ve üst limit değerleri Tablo 1' de ve duvara etki eden yüklerle birlikte şematik KDD Şekil 1' de verilmiştir. Duvar boyutlarının uygulanabilir tamsayı değerlerine sahip olması için tasarım değişkenlerine karşılık gelen duvar boyutları ayırık değişken olarak alınmıştır.

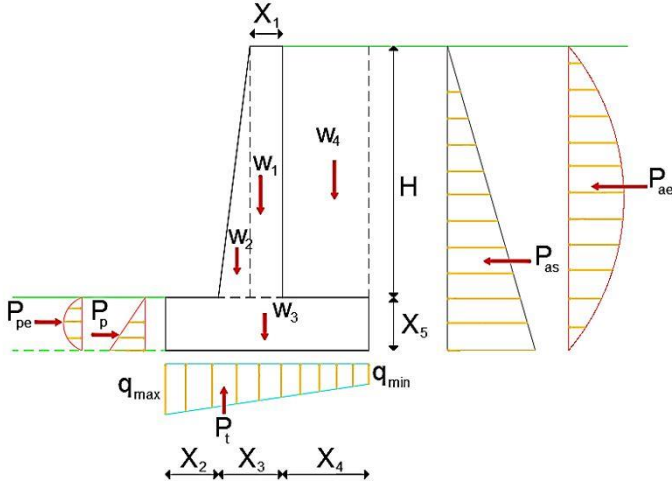
Tablo 1. Ayırık tasarım değişkenleri

Tasarım değişkeni	Alt Limit	Üst Limit	Artım Miktarı
X_1 : Gövde üst kalınlığı	0.30m	0.60m	2cm
X_2 : Ön ampatman mesafesi	0.30m	3.00m	5cm
X_3 : Gövde alt kalınlığı	0.30m	0.60m	2cm
X_4 : Arka ampatman mesafesi	0.30m	3.00m	5cm
X_5 : Temel kalınlığı	0.50m	1.00m	2cm

Şekil 1. KDD tasarım değişkenleri ve etki eden yükler

KDD tasarımı depremlili ve depremsiz durum için kayma, devrilme ve taşıma gücü stabilite tahkiklerini sağlaması gerekmektedir. Stabilite kriterlerini sağlayan optimum KDD tasarımlarının araştırılmasında kullanılan depremsiz ve depremlili durum için kayma, devrilme ve taşıma gücü tahkiklerini kapsayan stabilite sınırlayıcıları ile duvarın geometrisinden kaynaklanan geometrik sınırlayıcıların normalize edilmiş matematiksel ifadeleri ve amaç fonksiyonu Tablo 2’ de verilmiştir. Amaç fonksiyonunda verilen c_b katsayısı C30/35 beton birim maliyet değeri olup güncel fiyatlara göre yaklaşık olarak 290TL/m³ ve beton birim hacim ağırlığı, $\gamma_b=24kN/m^3$ olarak alınmıştır.

Stabilite tahkiklerinde dolgu zemini için kohezyonsuz zemin olarak dikkate alınırken ve temel zemini için drenajsız kayma mukavemeti, $c_u=250$ kPa, birim hacim ağırlık, $\gamma_t=19kNm^3$, $c'=70kPa$ ve $\phi'=25^\circ$ olan kohezyonlu kil zemin kabul edilmiştir.



Tablo 2. Optimizasyon probleminin tanımlanmasında dikkate alınan sınırlayıcılar ve amaç fonksiyonu

Sınırlayıcılar	Normalize edilmiş matematiksel ifadeler
Statik durum	Kayma tahkiki $g_x(1) = 1 - (\Sigma V \tan(k_1 \phi_t) + (X_2 + X_3 + X_4)k_2 c_t + P_p) / 1.5 P_{as}, \Sigma V = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$
	Devrilme tahkiki $g_x(2) = 1 - M_r / 1.5 M_o, M_r = \Sigma W_i x w_i, M_o = P_{as} (H + X_5) / 3, P_{as} = \gamma_d (H + X_5) K_a$
	Taşıma gücü $g_x(3) = 1 - \frac{q_u}{3q_{max}}, g_x(4) = \frac{6e}{X_2 + X_3 + X_4}, q_{max} = \frac{\Sigma V}{X_2 + X_3 + X_4} - \left(1 \pm \frac{6e}{X_2 + X_3 + X_4} \right), e = \frac{X_2 + X_3 + X_4}{2} - \frac{M_r - M_o}{\Sigma V}$
Dinamik durum	Kayma tahkiki $g_x(5) = \frac{P_{as} + P_{ae} + \Sigma V k_h}{(X_2 + X_3 + X_4) c_{ut} / 1.1 + 0.3(k_p(1 - k_v)P_p) / 1.4} - 1, k_h = 0.4 \times \frac{S_{DS}}{r}, k_v = 0.5 \times k_h$
	Devrilme tahkiki $g_x(6) = 1 - \frac{\Sigma W_i x w_i (1 - k_v)}{1.3[(H + X_5)(0.5 P_{ae} + 0.33 P_{as}) + k_h \Sigma W_i y_i]}, P_t = K_a(1 \pm k_v) \left[\frac{1}{2} \gamma x H^2 \right], P_{ae} = P_t - P_{as}$
	Taşıma gücü $g_x(7) = \Sigma V / [(X_2 + X_3 + X_4) q_u] - 1$
Geometrik (Statik ve dinamik durum)	$g_x(8) = (X_2 + X_3) / (X_2 + X_3 + X_4) - 1, g_x(9) = X_1 / X_3 - 1$
Amaç fonksiyonu	$f_{min} = c_b (W_1 + W_2 + W_3) / \gamma_b$

2.2. Modifiye Yapay Arı Kolonisi Algoritması (MYAKA)

Karaboğa (2005) tarafından önerilen yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) hayatta kalmak ve beslenme, savunma ve göç gibi temel yaşam gereksinimlerini karşılamak için

popülasyondaki bireyler arasındaki iletişimi kapsayan sürü zekasını temel alan sezgisel optimizasyon algoritmalarından biridir. Şekil 2' de arıların besin kaynağı arama çevrimi ve algoritma akış diyagramı verilmiştir (Karaboğa, 2014).

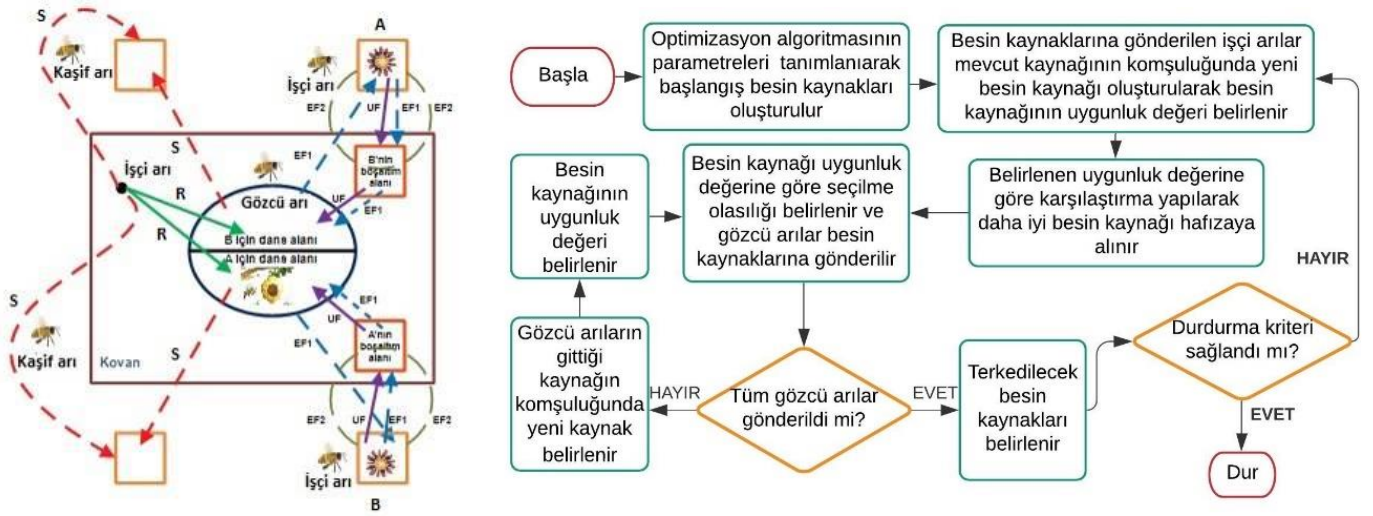
Algoritma parametreleri olan işçi arı sayısı (NEB), gözcü arı sayısı (NOB), besin kaynağı sayısı (NFS), maksimum iterasyon sayısı (maxiter) ve limit ile başlangıç besin kaynakları (x_{ij}) belirlenir (Akay & Karaboga, 2012). Besin kaynağına gönderilen işçi arılar mevcut besin kaynağının komşuluğunda yeni besin kaynağı (v_{ij}) belirleyerek besin kaynağının uygunluk değerini belirler (Eşitlik 1).

$$x_{ij} = x_j^{\min} + rand(0,1)(x_j^{\max} - x_j^{\min})(i = 1, \dots, NFS, j = 1, \dots, N) \quad (1)$$

$$v_{ij} = \begin{cases} x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}), rand(0,1) < MR \\ x_{ij}, rand(0,1) \geq MR \end{cases} \quad (\phi_{ij} = [-1,1])$$

Burada N, toplam tasarım değişkeni sayısına ve rand(0,1) 0 ile 1 arasında rastgele seçilen sayıya karşılık gelmektedir. Tasarım değişkenlerinin alt ve üst sınırları x_j^{\min} ve x_j^{\max} ile tanımlanmıştır. x_{ij} , i' inci besin kaynağı için seçilen j' inci tasarım değişkenine, k, 1 ile NFS arasında rastgele seçilen bir değere karşılık gelmektedir.

$$fitness_i = \begin{cases} 1/(1 + f_i), f_i \geq 0 \\ 1 + |f_i| < 0 \end{cases}, P_i = \begin{cases} 0.5 + 0.5 \left(\frac{fitness_i}{\sum_{j=1}^{NFS} fitness_j} \right), \text{feasible çözüm} \\ 0.5 \left(1 - \frac{violation_i}{\sum_{j=1}^{NFS} violation_j} \right), \text{feasible olmayan çözüm} \end{cases} \quad (2)$$



Şekil 2. Arıların besin kaynağı arama süreçleri ve algoritma akış diyagramı

[0,1] aralığında üretilen rastgele sayı p_i ' den büyükse, gözcü arılar işçi arılar gibi yeni bir besin kaynağı (v_i) üretirler. Yeni besin kaynağı ile eski besin kaynağı karşılaştırılarak daha iyi ya da daha kötü besin kaynağı olma durumuna göre çözüm geliştirilmesine sayacı güncellenir. Bu işlem tüm gözcü arıları besin kaynaklarına gönderilinceye kadar devam eder. İşçi ve gözcü arılar döngüleri tamamlandığında bir besin kaynağındaki nektarın bitip bitmediği çözüm geliştirmeme sayacı kontrol edilerek belirlenir. Çözüm geliştirmeme sayacı limit değerinin üstünde olması durumunda nektarı biten kaynak terkedilir ve görevli arı kâşif arıya dönüşerek rastgele besin kaynağı arama süreci başlar. Bu döngü, mevcut yineleme numarası maksimum yineleme sayısına ulaşıncaya kadar devam eder ve ardından algoritma sona erer.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Şekil 1' de verilen tasarım değişkenleri ve tasarımda stabilite kriterlerinin araştırılmasında dikkate alınacak olan etki eden yüklerin verildiği KDD tasarımının optimum maliyeti MYAKA ile araştırılmıştır. Optimum maliyetlerin araştırılmasında farklı yerel zemin sınıfı (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE) ve harita spektral ivme katsayısı (S_s) değerlerini kapsayan on farklı tasarım durumu dikkate alınmıştır. Optimizasyon analizlerinde duvar arka dolgusunda kullanılmak üzere yerel zemin sınıfları için kabul edilen zemin özellikleri olan dolgu zemin kayma direnci açısı (θ_{ds}) ve birim hacim ağırlık (γ_{ds}) olacak şekilde Tablo 3' te verilmiştir. TBDY (2018)' e göre depremli durumda KDD tasarımında izin verilen yer değiştirme miktarları (r) dayanma yapısı tipine göre tanımlanmış olup bu çalışmada r değeri 1.5

olarak dikkate alınmıştır. TDTH (2018)' de verilen farklı bölgelerin depremselliği ve bu bölgelerin farklı yerel zemin sınıfı değerlerine deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için elde edilen deprem raporları incelenerek şiddetli ve hafif şiddetli deprem durumlarına göre S_s değeri sırasıyla 0.25 ve 1.5 olarak alınmıştır. S_s ' in 0.25 ve 1.5 olması durumuna göre TBDY' de farklı yerel zemin sınıfları için verilen F_s değerleri kullanılarak elde edilen S_{DS} değerleri de Tablo 3' te verilmiştir. Depremlili durum için KDD tasarımında deprem yükünün zemin ile yapıya aktarılması ve duvara etki ettirilmesinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) göre belirlenen statik-eşdeğer yatay deprem katsayısı (k_h) ve statik-eşdeğer düşey deprem katsayısı (k_v) kullanılmaktadır. $S_s=0.25, 1.50$ değerleri için optimizasyon analizlerinde 6m lik gövde yüksekliğine sahip KDD

Tablo 3. Optimizasyon analizlerinde dikkate alınan farklı farklı tasarım durumları

Yerel Zemin Sınıfı	ϕ_d (°)	γ_d (kN/m ³)	F_s		$S_{DS}(S_s \times F_s)$	
			$S_s \leq 0.25$	$S_s \geq 1.50$	$S_s \leq 0.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	38	20	0.80	0.80	0.200	1.20
ZB	36	19	0.90	0.90	0.225	1.35
ZC	34	18	1.30	1.20	0.325	1.80
ZD	30	17	1.60	1.00	0.400	1.50
ZE	28	16	2.40	0.80	0.600	1.20

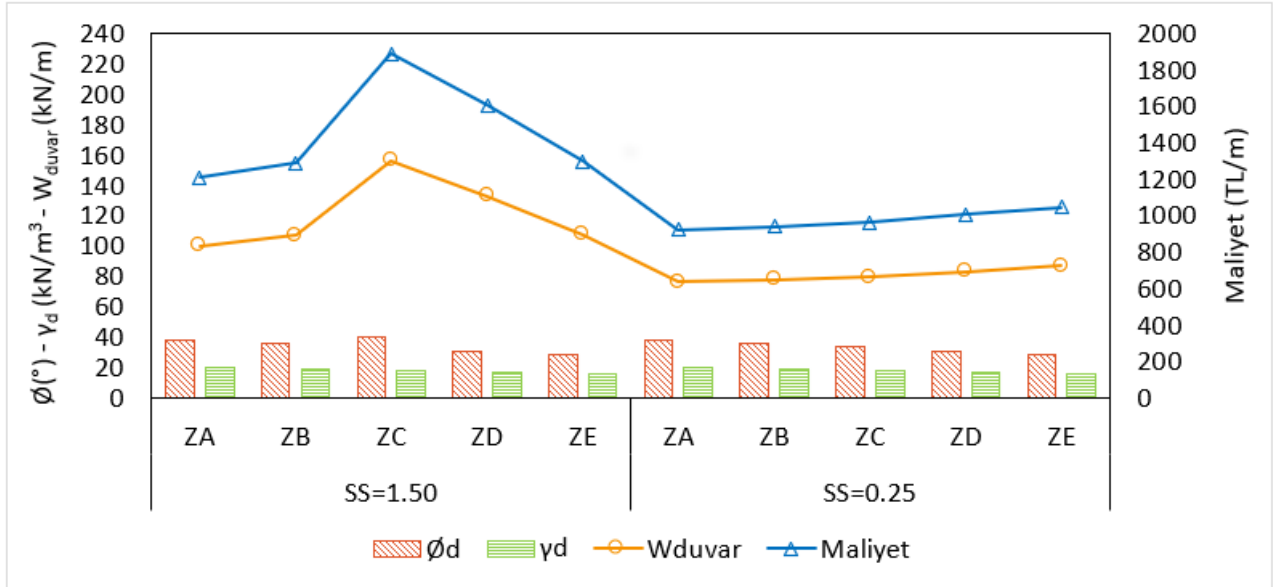
Optimizasyon analizleri sonucunda 10 farklı tasarım durumu için minimum amaç fonksiyonu değerini veren ve verilen sınırlayıcıları sağlayan optimum KDD boyutları elde edilmiştir. Farklı tasarım durumları için optimizasyon analizleri sonucu elde

tasarımlarının depremlili ve depremsiz durumdaki taşıma gücü tahkiklerinde aynı temel zemini dikkate alınmıştır.

Tablo 1' de verilen tasarım değişkenleri kullanılarak oluşturulan tasarım kümesi dikkate alınarak başlangıç ve yeni besin kaynakları oluşturulmuştur. Oluşturulan besin kaynakları (çözüm) için Tablo 2' de verilen sınırlayıcılar ve amaç fonksiyonunun değerleri belirlenmiştir.

MR, NEB ve NOB, NFS, limit ve maxiter algoritma parametrelerinin sırasıyla 0.40, 30, 15, NFSxN ve 1000 olarak alındığı optimizasyon analizlerinde tüm tasarım durumları için algoritma 30 defa çalıştırılmıştır.

edilen KDD optimum sonuçları duvar ağırlık ve maliyet karşılaştırmaları için Şekil 3' te, duvar boyutları karşılaştırmaları için Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 2. Farklı tasarım durumları için optimum analiz sonuçları

Şekil 3' te verilen grafik farklı deprem bölgeleri açısından incelendiğinde deprem etkisi fazla olan durumda ($S_s=1.50$) duvar maliyetlerinin deprem etkisi az olan duruma ($S_s=0.25$) göre arttığı görülmektedir. Bu durum depremlili durum için yapılan tasarımlarda stabilite koşullarının sağlanması için boyutların artması sebebiyle maliyetin arttığını göstermektedir. Farklı yerel zemin sınıfları açısından sonuçlar değerlendirildiğinde $S_s=0.25$ için iyi nitelikli zeminden zayıf nitelikli zemine doğru (ZA' dan ZE' ye doğru) maliyetin arttığı gözlemlenirken, $S_s=1.50$ için ZA' dan ZC' ye doğru benzer bir trend görülmektedir. $S_s=1.50$ ve ZC yerel zemin sınıfının dikkate alındığı tasarım durumunda $\phi_d=34^\circ$

için sınırlayıcıları sağlayan tasarım elde edilememiş olup $\phi_d=40^\circ$ için feasible çözüm elde edilmiştir. Bu tasarım durumunda deprem etkisinin büyük olmasından kaynaklanmaktadır. ZD ve ZE için elde edilen duvar ağırlığı ve maliyet karşılaştırması yapılırsa bu tasarım durumları için alınan S_{DS} ' nin değeriyle (Tablo 3) doğru orantılı olduğu görülmektedir. $S_s=1.50$ için maksimum ve minimum maliyetler arasında değişim %36 ve $S_s=0.25$ için %12 lik değişim olduğu görülmüştür.

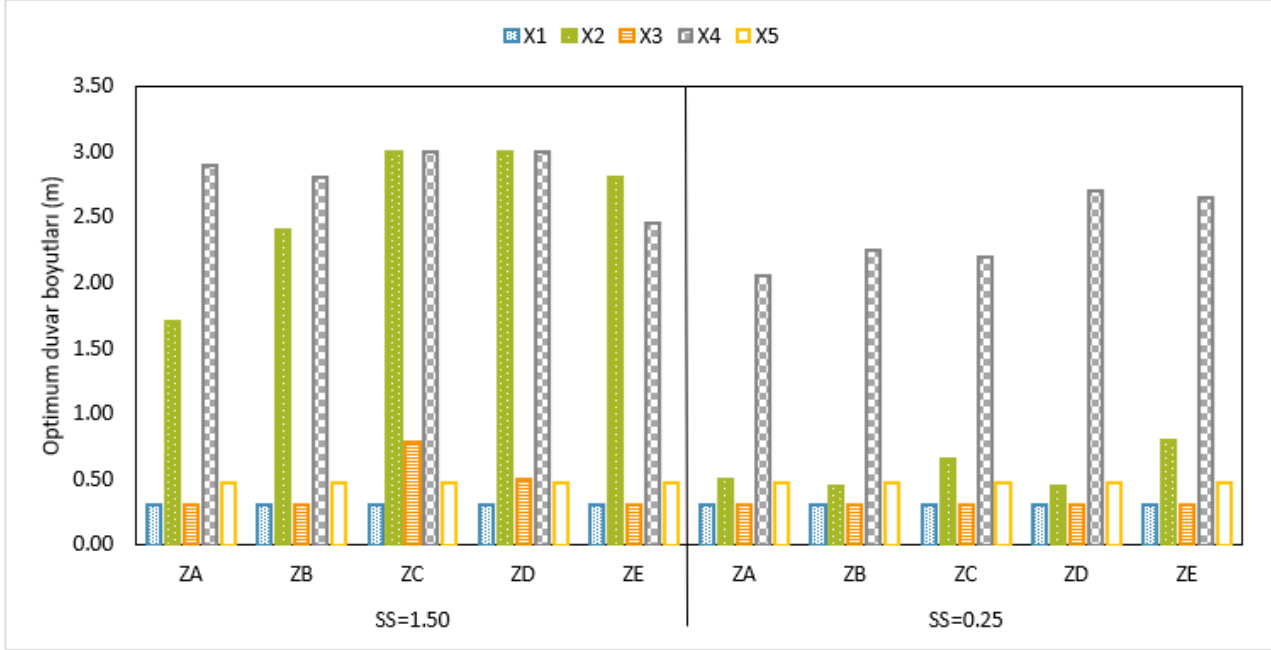
Şekil 4' te farklı tasarım durumları için verilen optimum KDD boyutları incelendiğinde deprem yükünün fazla olduğu durumda ön ampatman (X_2) boyutunun arttığı görülmüştür. Arka

ampatman (X_4) boyutu S_s ' in 0.25 ve 1.25 olduğu durumların her ikisinde de stabilite kriterlerinin sağlanması açısından etkili bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır. Alt (X_3) ve üst (X_1) gövde kalınlıklarının farklı tasarım durumlarında önemli değişim elde edilmezken, temel kalınlığı (X_5) için tüm tasarım durumlarında aynı değer elde edilmiştir.

4. Sonuç

KDD geleneksel yöntemle tasarımında stabilite kriterlerini sağlayan duvar boyutlarının birçok tasarım durumunu dikkate alarak elde edilmesi uğraştırıcı ve zaman alıcı bir yöntemdir. Bu

çalışmada sezgisel optimizasyon yöntemlerinden biri olan MYAKA ile farklı tasarım durumları için deprem yüklerine maruz KDD'nin minimum maliyetli ve güvenli tasarımları kısa zamanda ve etkili bir şekilde elde edilmiştir. Ayrıca değişen farklı tasarım parametrelerinin maliyet gibi bir hedef değer üzerinde değişim etkisinin kısa zamanda ve mantıklı olarak yorumlanması imkânı vermesi çok bilinmeyenli tasarım problemlerinin optimum çözümlerinin elde edilmesinde MYAKA sezgisel optimizasyon yönteminin alternatif bir yol olduğu sonucu görülmüştür. Gelecek çalışmalarda, artan bilinmeyen sayısı ile birlikte farklı tasarım kombinasyonlarını kapsayan arama mozaïği kullanılarak çalışmanın kapsamı parametrik bir araştırma ile genişletilebilir.



Şekil 3. Farklı tasarım durumları için optimum duvar boyutları

Kaynakça

- Akay, B., & Karaboga, D. (2012). A modified Artificial Bee Colony algorithm for real-parameter optimization. *Information Sciences*, 192, 120–142. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2010.07.015>
- Arslan, Ö., Keskin, I., & Ateş, A. (2018). Farklı deprem yüklerinin betonarme konsol bir istinat duvarının maliyetine etkisinin analizi. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi - B Teorik Bilimler*, 6, 28–35. <https://doi.org/10.20290/aubtdb.497527>
- Aydogdu, I. (2017). Cost optimization of reinforced concrete cantilever retaining walls under seismic loading using a biogeography-based optimization algorithm with Levy flights. *Taylor & Francis*, 49(3), 381–400. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2016.1191837>
- Bilgin, H. (2006). *İstinat duvarlarının dinamik ve statik yükler altındaki davranışının analizi* [Karadeniz Teknik Üniversitesi]. [http://acikerisim.ktu.edu.tr/jspui/bitstream/123456789/1095/1/Tam Metin.pdf](http://acikerisim.ktu.edu.tr/jspui/bitstream/123456789/1095/1/Tam%20Metin.pdf)
- Camp, C., & Akin, A. (2012). Design of retaining walls using big bang–big crunch optimization. *Journal of Structural Engineering*, 138(March), 438–448. [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)ST.1943-)

541X.0000461

- Ceranic, B., Fryer, C., & Baines, R. W. (2001). An application of simulated annealing to the optimum design of reinforced concrete retaining structures. *Computers and Structures*, 79(17), 1569–1581. [https://doi.org/10.1016/S0045-7949\(01\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0045-7949(01)00037-2)
- Chau, K. W., & Albermani, F. (2003). Knowledge-Based System on Optimum Design of Liquid Retaining Structures with Genetic Algorithms. *Journal of Structural Engineering*, 129(10), 1312. <http://link.aip.org/link/JSENDH/v129/i10/p1312/s1&Agg=doi>
- Dağdeviren, U., & Kaymak, B. (2018). Investigation of parameters affecting optimum cost design of reinforced concrete retaining walls using artificial bee colony algorithm. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(1), 239–253. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.406796>
- Dalyan, İ., Akin, M., & Akbay Arama, Z. (2020). Betonarme istinat duvarlarının geoteknik tasarımında etkili parametrelerin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 2(2), 176–192. <https://doi.org/10.46464/tdad.80428>
- Das, B. (2007). *Principles of Foundation Engineering 6th Edition*. <http://thuviensho.hau.edu.vn:8888/dspace/handle/hau/5215>

- Deb, K. (2000). An efficient constraint handling method for genetic algorithms. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 186(2–4).
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0045-7825\(99\)00389-88](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0045-7825(99)00389-88)
- Kalemci, E. N., İkizler, S. B., Dede, T., & Angın, Z. (2020). Design of reinforced concrete cantilever retaining wall using Grey wolf optimization algorithm. *Structures*, 23, 245–253.
<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.09.013>
- Karaboga, D. (2005). An idea based on honey bee swarm for numerical optimization. *Technical Report TR06, Erciyes University, Turkey*.
<https://pdfs.semanticscholar.org/015d/f4d97ed1f541752842c49d12e429a785460b.pdf>
- Karaboğa, D. (2014). *Yapay zeka optimizasyon algoritmaları*. Nobel Akademik Yayıncılık ISBN978-605-133-764-7.
- Karaboga, D., & Akay, B. (2011). A modified Artificial Bee Colony (ABC) algorithm for constrained optimization problems. *Applied Soft Computing Journal*, 11(3), 3021–3031. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.12.001>
- Kaveh, A., Akbari, H., & Hosseini, S. M. (2021). Plasma generation optimization for optimal design of reinforced concrete cantilever retaining wall structures. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s40996-020-00566-8>
- Kayhan, A., & Demir, A. (2018). Statik ve dinamik yüklere maruz betonarme konsol istinat duvarlarının diferansiyel gelişim algoritması ile optimum tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(3), 403–412.
<https://doi.org/10.5505/pajes.2017.04834>
- Khajehzadeh, M., Taha, M. R., El-Shafie, A., & Eslami, M. (2010). Economic design of retaining wall using particle swarm optimization with passive congregation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(11), 5500–5507.
- Meyerhof, G. G. (1963). Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations. *Canadian Geotechnical Journal*, 1(1), 16–26. <https://doi.org/10.1139/t63-003>
- Ravichandran, N., Wang, L., Rahbari, P., & Juang, C. H. (2021). Robust design optimization of retaining wall backfilled with shredded tire in the face of earthquake hazards. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80(2), 1351–1363. <https://doi.org/10.1007/s10064-020-02038-9>
- Sheikhholeslami, R., Khalili, B., Of, S. Z.-I. J., & 2014, U. (2014). Optimum cost design of reinforced concrete retaining walls using hybrid firefly algorithm. *Ijetch.Org*.
<https://doi.org/10.7763/IJET.2014.V6.742>
- TDBY. (2018). *Türkiye bina deprem yönetmeliği*. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf>
- TDTH. (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları*. İnteraktif Web Uygulaması. <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>
- Temur, R., & Bekdas, G. (2016). Teaching learning-based optimization for design of cantilever retaining walls design and analysis of nonlinear structural systems view project teaching learning-based optimization for design of cantilever retaining walls. *Structural Engineering and Mechanics*, 57(4), 763–783. <https://doi.org/10.12989/sem.2016.57.4.763>
- Uray, E., Tan, Ö., Çarbaş, S., & Erkan, H. (2021). Metaheuristics-based pre-design guide for cantilever retaining walls. *Teknik Dergi*, 32(4). <https://doi.org/10.18400/tekderg.561956>
- Yıldırım, İ. Z. (2004). *İstinat Duvarlarının Tasarımında Deprem Etkilerinin İncelenmesi* [İstanbul Teknik Üniversitesi].



Detection of COVID-19 Cases with Fuzzy Classifiers Using Chest Computed Tomography

Aleyna Kökten*, Volkan Kılıç

İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2091-0453, 0000-0002-3164-1981), aleynakoktem@gmail.com, volkan.kilic@ikc.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950941)

ATIF/REFERENCE: Kökten, A. & Kılıç, V. (2021). Detection of COVID-19 Cases with Fuzzy Classifiers Using Chest Computed Tomography. *European Journal of Science and Technology*, (26), 68-72.

Abstract

The novel coronavirus 2019 (COVID-19) is still spreading rapidly since it first appeared in Wuhan city of China in December 2019, resulting in a worldwide pandemic. Early detection of positive cases plays a key role in preventing the further spread of the epidemic which leads to the development of diagnostic methods that give rapid and accurate responses for the detection of COVID-19. Previous studies confirmed that chest computed tomography (CT) is an indispensable tool for early screening and diagnosing of COVID-19 cases. As a result of examinations on CT scans, a radiological finding that is called ground-glass opacity, causing color, and texture change, was found in the lung of a person with COVID-19. Due to the carelessness of radiologists who work long hours and the misdiagnosis resulting in confusion of the findings with different diseases, an automatic system that helps radiologists is needed. In this paper, we present a new approach based on fuzzy classification for the detection of COVID-19 using 3D CT volumes. In the proposed approach, the skewness, kurtosis, and average statistical features of 3D CT images of patients consisting of two classes, COVID and Normal, are calculated and the value ranges are determined for both classes. Three statistical features and value ranges are used as membership functions in the development of fuzzy logic classifier. The proposed approach provides rapid and accurate diagnostics in terms of COVID vs. Normal (binary classification) under a user-friendly interface. Experimental evaluations demonstrate that our approach has great potential for radiologists to validate their initial screening and improve early diagnosis, isolation, and treatment, which contributes to infection prevention and control of the epidemic.

Keywords: COVID-19, fuzzy classification, CT images, ground-glass opacity, statistical features.

Bilgisayarlı Göğüs Tomografisi Kullanılarak Bulanık Sınıflandırıcılarla COVID-19 Vakalarının Tespiti

Öz

Yeni koronavirüs salgını (COVID-19), ilk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıktığından beri hızla yayılmakta ve dünya çapında pandemiye neden olmaktadır. Pozitif vakaların erken teşhisi, COVID-19 tespiti için hızlı ve doğru yanıtlar veren tanı yöntemlerinin gelişmesine yol açan salgının daha da yayılmasını önlemede önemli bir rol oynar. Önceki çalışmalar, göğüs bilgisayarlı tomografisinin (BT) COVID-19 vakalarının erken taranması ve teşhisi için gerekli bir araç olduğunu doğrulamıştır. İncelemeler sonucu COVID-19 hastalığına yakalanmış bir insanın akciğer BT taramalarında buzlu cam opasitesi adı verilen, renk ve doku değişikliğine sebep olan bir radyolojik bulgu bulunmuştur. Uzun saatler çalışan radyologların dikkatsizliği ve bulguların farklı hastalıklarla karıştırılmasıyla sonuçlanan yanlış tanı nedeniyle radyologlara yardımcı olan otomatik bir sisteme ihtiyaç doğmaktadır. Bu çalışmada, 3D BT kesitleri kullanılarak COVID-19 tespiti için bulanık sınıflandırmaya dayalı yeni bir yaklaşım sunuyoruz. Önerilen yaklaşımda COVID ve Normal olmak üzere iki sınıftan oluşan hastaların 3D BT görüntülerinin çarpıklık, basıklık ve ortalama istatistiksel özellikleri hesaplanır ve her iki sınıf için değer aralıkları belirlenir. Hesaplanan üç istatistiksel özellik ve değer aralıkları geliştirilen bulanık mantık sınıflandırıcısında üyelik fonksiyonu olarak kullanılır. Uygun üyelik fonksiyonları ve kural tabanyı ile geliştirilen bulanık sınıflandırıcı 3D BT taramalarını sınıflandırarak çıkışa verir. Bu bulanık sınıflandırıcı sistem geliştirilen arayüz ile birleştirilerek radyologlara yardımcı bir sistem tasarlanmıştır. Önerilen yaklaşım, kullanıcı dostu bu arayüz altında COVID ve Normal (ikili sınıflandırma) açısından hızlı ve

* Corresponding Author: İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2091-0453), aleynakoktem@gmail.com

doğru teşhis sağlamaktadır. Deneysel değerlendirmeler, yaklaşımımızın radyologların ilk taramalarını doğrulaması ve erken tanı, izolasyon ve tedaviyi iyileştirmesi için büyük bir potansiyele sahip olduğunu ve bu da enfeksiyonun önlenmesine ve salgının kontrolüne katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, bulanık mantık sınıflandırıcı, BT görüntüleri, buzlu cam opasitesi, istatistiksel özellikler.

1. Introduction

COVID-19 is a pandemic disease that infects the lungs of people, resulting in serious damage to their sense of smell, taste, and even the loss of people's lives. To prevent this epidemic, various test methods have been developed including real-time reverse transcriptase-polymerase chain reaction (rRT-PCR). The PCR tests can be performed with a nasopharyngeal swab, nasal swab, or sputum sample which takes up to two days to view the results. However, the PCR test performed in the early stages of the disease causes 40% false-negative results which are also associated with low accuracy (Carpenter, Mudd, West, Wilber, & Wilber, 2020). These disadvantages in PCR tests can cause many patients to be diagnosed incorrectly or not receive appropriate treatment in time. Considering the rapid spread of the epidemic, the computed tomography method which is a medical imaging tool is used for the rapid and high accuracy diagnosis of COVID-19 disease (Ai et al., 2020). The computed tomography method gives more reliable results compared to the PCR test in the diagnosis of COVID-19 disease with an accuracy of 98% (ÖKÇÜN et al.).

The patients with COVID-19 infection have abnormal situations (Barstugan, Ozkaya, & Ozturk, 2020) which can be seen in different regions or slices of their chest CT scans. It takes 21.5 minutes for a specialist doctor like radiologists to examine all of the slices and diagnose the patient (Wu et al., 2021). However, the impact on fatigue of long sequences of day and night shifts may cause radiologists to misdiagnose which jeopardizes many people's lives. Therefore, auxiliary tools to improve diagnosis accuracy are critical and they can also contribute to ease the burden on the health care system.

Theoretical and algorithmic advances in medical imaging and fuzzy logic have led to the emergence of more sophisticated tools for the diagnosis of many diseases (Samuel, Saravanan, & Devi, 2007), (Kuruvilla & Gunavathi, 2015), (Kamiya et al., 2014). A fuzzy logic-based lung nodule detection system was proposed in (Samuel et al., 2007) which fed the nodule areas to the fuzzy logic system in order to detect cancer. Statistical and gray level co-formation matrix parameters calculated from segmented chest CT images were used in adaptive-network based fuzzy inference systems for the classification of lung cancer (Kuruvilla & Gunavathi, 2015).

In this study, we propose a fuzzy logic model to classify chest CT scans as COVID-19 or Normal based on ground-glass opacity which is a radiological finding used in COVID-19 cases. Statistical features like skewness, kurtosis, and mean were calculated from chest CT scans to feed the fuzzy logic model. The proposed system was integrated with our COV-FUZZY interface

which diagnoses the case as either COVID-19 or Normal. The COV-FUZZY calculates the statistical features to feed into the proposed fuzzy logic model. Then, CT scans are classified based on statistical features and fuzzy rules.

The rest of this paper is organized as follows: Section 2 presents the theoretical background of the fuzzy logic model for COVID-19 diagnosis. Section 3 introduces the general structure of our proposed model and our custom-designed interface. Dataset and results of the proposed model are discussed in Section 4. Closing remarks are explained in Section 5.

2. Fuzzy Logic

Fuzzy logic enables ambiguous or imprecise linguistic concepts (e.g, very long, long, medium, short, very short) to be characterized between precise expressions which are easily perceived by the computer (Barro & Marín, 2001), (Tiryaki & Kazan, 2007). The classical logic based on these precise expressions that are the standard set of truth values (degrees) consists of (0,1), where 0 represents "totally false" and 1 represents "totally true". As opposed to the classical logic, the values 0 and 1 are seen as boundary values, not absolute values in fuzzy (Kamal & Ibrahim, 2018). The truth values may take any values in this range.

The fuzzy logic system consists of four components including: fuzzier, fuzzy inference engine, fuzzy rule base, and defuzzification (Helmy, Al-Jamimi, Ahmed, & Loqman, 2013) as shown in Figure 1. The fuzzier converts the net (crisp) inputs into fuzzy values using membership functions. These membership functions could be triangle, trapezoid, and Gaussian which are commonly used. Each fuzzy set has one of these membership functions and the elements of the fuzzy set have a degree of membership (Mercan & Kılıç, 2020). Fuzzy logic rule base consists of an 'if-then' decision system. Membership degrees coming from fuzzier go through the fuzzy rule base to generate fuzzy outputs. The fuzzy inference system employs different inference methods including Mamdani and Takagi-Sugeno (Anand & Tyagi, 2012). In the Takagi-Sugeno method, the output is a linear or constant value (Mercan & Kılıç, 2020). So, the Takagi-Sugeno method does not need the defuzzification part. The Mamdani method has a defuzzification part at the last part of the fuzzy logic architecture. In the defuzzification part, the fuzzy outputs coming from the fuzzy inference engine are converted to net (crisp) values.

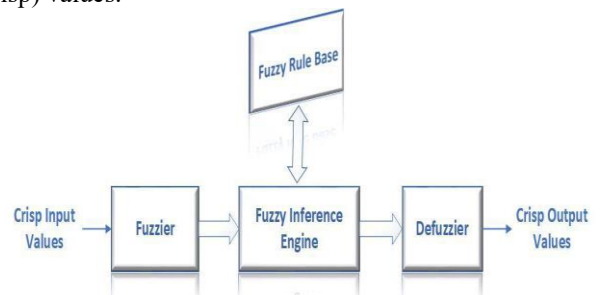


Figure 1. Fuzzy logic architecture

Table 1. Lower limit, mean and upper limit of statistical features

MEAN				SKEWNESS				KURTOSIS			
mf	Lower Limit	Mean	Upper Limit	mf	Lower Limit	Mean	Upper Limit	mf	Lower Limit	Mean	Upper Limit
0	87	133.5	180	0	-0.7	0.025	0.75	0	1.08	2.58	4.06
1	115	150	185	1	0.04	0.77	1.5	1	1.25	1.7	2.14

3. Proposed Approach

3.1. General Structure of Proposed Approach

The proposed system can classify chest CT scans as COVID-19 and Normal with a fuzzy logic approach based on 3 distinctive statistical features (skewness, kurtosis, mean), highly relevant to the calculation of color distributions. These features allow distinguishing infected areas from the healthy which leads us to employ in this study. The chest CT scans of different patients were analyzed with these features. The proposed fuzzy logic method determines the output variable using membership functions assigned to input values and pre-defined rules. The general structure of the proposed system is shown in Figure 2.

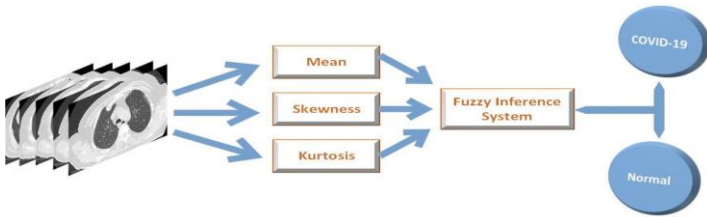


Figure 2. The general structure of the proposed system

Statistical analysis. The chest CT scans of a patient may belong to two classes; COVID-19 and Normal. The infected area with COVID-19 is defined as the ground glass opacity (GGO) which has a color distribution different than the healthy area. In the proposed model, statistical features including skewness, kurtosis, and mean were used to distinguish these two areas. Skewness characterizes the degree of asymmetry of the pixel distribution around the mean in a specified area and measures its deviation from the symmetrical distribution (Kuruvilla & Gunavathi, 2014). Kurtosis is a statistical measure that measures the peakedness or flatness of distribution relative to a normal distribution (Kuruvilla & Gunavathi, 2014). In other words, kurtosis identifies whether the tails of a given distribution contain extreme values. These features were calculated for 1200 chest CT slices of both COVID-19 and Normal chest CT scans. The calculations were analyzed and determined the upper, average, and lower limit values for three features of both classes.

Fuzzy logic. Here, MATLAB Fuzzy Logic Toolbox was used for the fuzzy logic classifier. The features after the statistical analysis are used as inputs in fuzzy logic. Every three inputs have two membership functions defined as mf. In fuzzy logic, there are different membership functions such as trimf, gaussian and trapezoidal. In our proposed fuzzy system, we used the trimf membership function which is found to be adequate for the extracted features based on extensive experimental studies. The pre-defined value ranges of statistical features and the membership functions are given in Table 1.

In the proposed classification model, we used the Takagi–Sugeno inference model because there are two constant output values. These constant values were determined as 1 for the COVID-19 class and 0 for the Normal class. After these input and output definitions, the fuzzy rule statements which control the output for our fuzzy system were determined. Consequently, the fuzzy classification system was created according to input variables, membership functions, and rule statements. The created fuzzy system can classify the chest CT scans of a patient based on statistical calculations and pre-defined fuzzy rules.

3.2. Interface: COV-FUZZY

The proposed fuzzy logic system is integrated with our custom-designed interface named COV-FUZZY developed in MATLAB App Designer, aiming to assist doctors in diagnosing the cases. In Figure 3 the screenshots of the COV-FUZZY interface demonstrate test results of different patients. The home page of the interface is given in Figure 3a. The folder of a patient can be selected to upload the chest CT slices, and then the slices can be viewed by moving the slider from top to down as shown in Figure 3b, Figure 3c, and Figure 3d. If the GGO patterns are detected in any slices, the red lamp lights up to alert. Otherwise, the green lamp lights up as shown in Figure 3d. If the chest CT scans cannot be matched with any classes, the Radiologist opinion is required lamp lights up and warns the doctor.

4. Experimental Evaluations

4.1. Dataset

The dataset used in the study was provided by the Radiology Department of Izmir Bozyaka Training and Research Hospital. This dataset contains chest CT images of 30 COVID-19 infected and 30 Normal patients that are pre-diagnosed by expert radiologists. A chest CT scan of a patient consists of images that containing slices of the lung. Figure 4a shows examples of different slices of the chest CT scans with GGO finding from a patient diagnosed as COVID-19. There is no GGO findings in the slices which are shown in Figure 4b taken from the chest CT scans of a normal patient.

4.2. Result and Discussion

The proposed fuzzy logic method is applied to the chest CT scans of a patient to make a binary classification as COVID-19 and normal. In the proposed system, the differences in color distributions between the two classes are distinguishable by the statistical features on the chest CT scans (skewness, kurtosis, and mean).

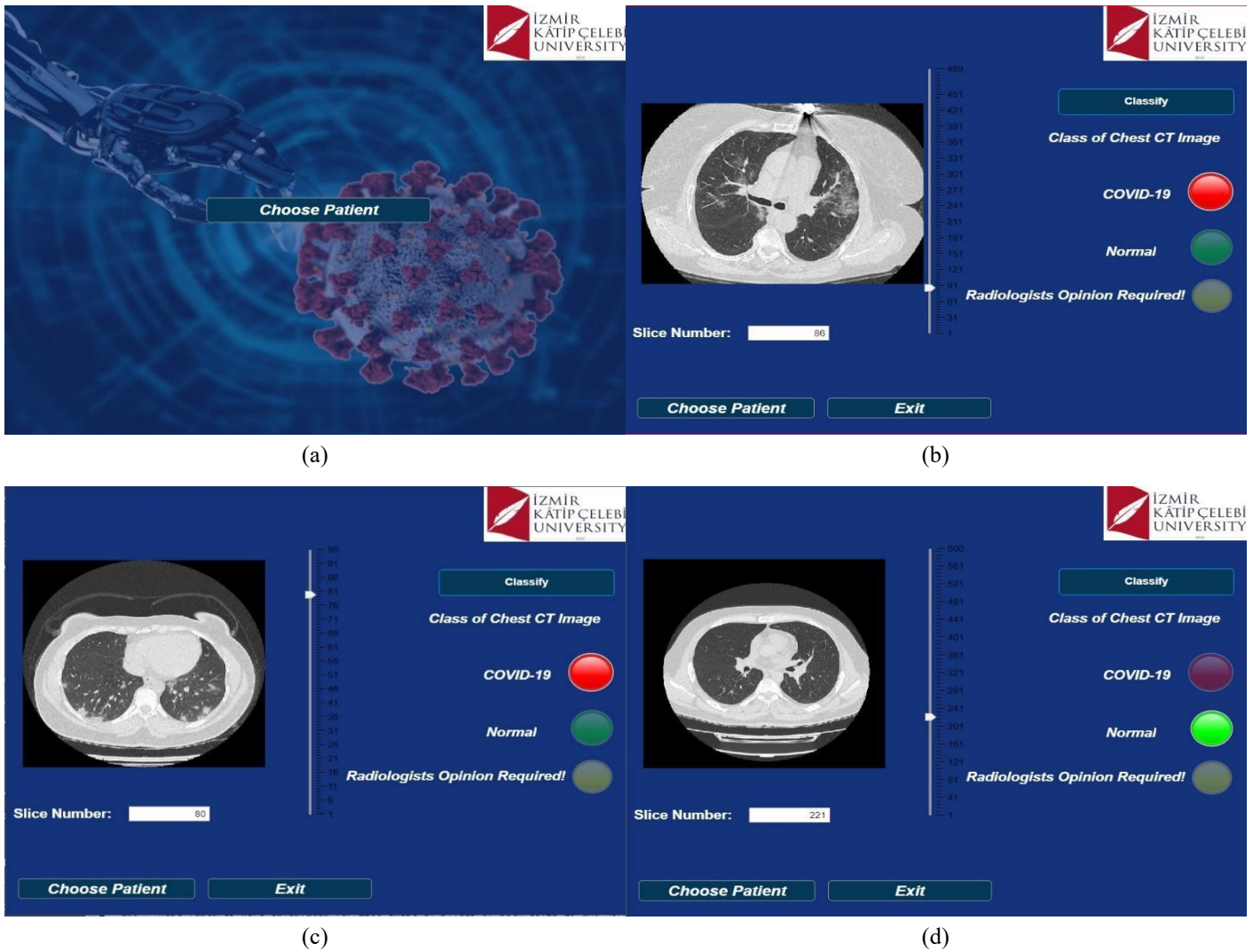


Figure 3. Our custom-designed COV-FUZZY interface

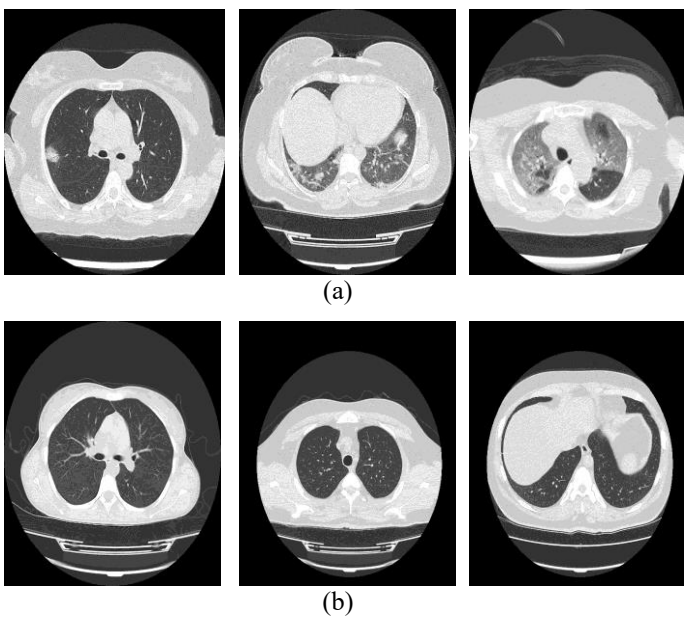


Figure 4. Examples images from (a) COVID-19 dataset (b) Normal dataset

The proposed fuzzy logic model uses these features as the inputs and employs fuzzy rules to generate the output. The COV-FUZZY interface is integrated with the proposed fuzzy logic classifier, and the proposed system is tested with the pre-diagnosed 60 patients

including 30 COVID-19 patients and 30 Normal patients. It is demonstrated that the proposed system can assist radiologists in the diagnosis of COVID-19 by correctly classifying 40 out of 60 patients. The results show that the proposed model is capable of classifying COVID-19 cases, relying on fuzzy classifier and statistical features including skewness, kurtosis, and mean.

5. Conclusions

Early and accurate diagnosis is an important factor for the treatment of COVID-19 disease when considering the rapid spread of this epidemic. CT imaging is a reliable tool to be used in early diagnosis of COVID-19 cases. In this study, we proposed a fuzzy logic system to be employed on chest CT scans. In the proposed system, three statistical features, skewness, kurtosis, and mean, were used which allow distinguishing the GGO finding in the chest CT scans. The developed interface calculates the skewness, kurtosis, and mean values of the chest CT scans and then sends them to the proposed fuzzy logic classifier to determine its class. The results of the experiments show the advantage of our proposed method which leads to the potential interface for radiologists to improve their COVID-19 diagnosis. The proposed approach could be further improved by automatic segmentation of lesion region of CT scans which would be an interesting direction for future study.

References

- Ai, T., Yang, Z., Hou, H., Zhan, C., Chen, C., Lv, W., . . . Xia, L. (2020). Correlation of chest CT and RT-PCR testing for coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases. *Radiology*, 296(2), E32-E40.
- Anand, M. S., & Tyagi, B. (2012). Design and implementation of fuzzy controller on FPGA. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 4(10), 35-42.
- Barro, S., & Marín, R. (2001). *Fuzzy logic in medicine* (Vol. 83): Springer Science & Business Media.
- Barstugan, M., Ozkaya, U., & Ozturk, S. (2020). Coronavirus (covid-19) classification using ct images by machine learning methods. *arXiv preprint arXiv:2003.09424*.
- Carpenter, C. R., Mudd, P. A., West, C. P., Wilber, E., & Wilber, S. T. (2020). Diagnosing COVID-19 in the emergency department: a scoping review of clinical examinations, laboratory tests, imaging accuracy, and biases. *Academic Emergency Medicine*, 27(8), 653-670.
- Helmy, T., Al-Jamimi, H., Ahmed, B., & Loqman, H. (2013). Fuzzy logic-based scheme for load balancing in grid services. *Journal of Software Engineering and Applications*, 5(12), 149.
- Kamal, N. A., & Ibrahim, A. M. (2018). Conventional, intelligent, and fractional-order control method for maximum power point tracking of a photovoltaic system: a review. *Fractional Order Systems*, 603-671.
- Kamiya, A., Murayama, S., Kamiya, H., Yamashiro, T., Oshiro, Y., & Tanaka, N. (2014). Kurtosis and skewness assessments of solid lung nodule density histograms: differentiating malignant from benign nodules on CT. *Japanese journal of radiology*, 32(1), 14-21.
- Kuruvilla, J., & Gunavathi, K. (2014). Lung cancer classification using neural networks for CT images. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(1), 202-209.
- Kuruvilla, J., & Gunavathi, K. (2015). Lung cancer classification using fuzzy logic for CT images. *International Journal of Medical Engineering and Informatics*, 7(3), 233-249.
- Mercan, Ö. B., & Kılıç, V. (2020). *Fuzzy classifier based colorimetric quantification using a smartphone*. Paper presented at the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems.
- ÖKÇÜN, S., KURNAZ, M., KOÇKAYA, G., Adile, A., SENER, O., & TECİRLİ, G. COVID-19 TANI YÖNTEMLERİNE BAKIŞ: HIZLI SİSTEMATİK İNCELEME. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment*, 4(2), 10-35.
- Samuel, C. C., Saravanan, V., & Devi, M. V. (2007). *Lung nodule diagnosis from CT images using fuzzy logic*. Paper presented at the International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2007).
- Tiryaki, A. E., & Kazan, R. (2007). Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. *Mühendis ve Makine*, 48(565), 3-8.
- Wu, Y.-H., Gao, S.-H., Mei, J., Xu, J., Fan, D.-P., Zhang, R.-G., & Cheng, M.-M. (2021). Jcs: An explainable covid-19 diagnosis system by joint classification and segmentation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 3113-3126.



Derin Öğrenme Tabanlı Mermer Yüzeylerinin Otomatik Sınıflandırılması

Mert Öktem*, Şahin Alp Akosman, Özge Taylan Moral, Volkan Kılıç

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0852-8681, 0000-0002-0261-7800, 0000-0003-0482-267X, 0000-0002-3164-1981), 150403032@ogr.ikcu.edu.tr, 160403042@ogr.ikcu.edu.tr, ozgetaylan.moral@ikcu.edu.tr, volkan.kilic@ikcu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950950)

ATIF/REFERENCE: Öktem, M., Akosman, Ş.A., Moral, Ö.T. & Kılıç, V. (2021). Derin Öğrenme Tabanlı Mermer Yüzeylerinin Otomatik Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 73-77.

Öz

Doğal taşların mimaride ve dekorasyonda kullanımının artmasıyla mermer olan talep son yıllarda giderek yükselmiştir. Yükselen talebi karşılayabilmek için üreticilerin kapasite artırımı kadar, mermer üretim süreçlerinin verimliliğini de artırmaları gerekmektedir. Mermer üretim süreçlerinden biri olan mermer sınıflandırılmasında yapılan insan kaynaklı hatalardan dolayı üretim hızı ve verimi düşmektedir. Bu çalışmada, mermerlerin yanlış sınıflandırma problemine çözüm olarak farklı renk ve dokulara sahip mermer türlerinin yüksek başarıyla sınıflandıran yapay zeka destekli bir sistem önerilmektedir. Önerilen sistemde, 5 farklı mermer türüne ait 516 mermer görüntüsünün sınıflandırılması için 12 evrişimsel sinir ağı mimarisi, transfer öğrenme ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak eğitilmiştir. Artırılmış veri kümesi ile yapılan eğitimler sonucunda transfer öğrenme uygulanan VGG-16 mimarisi ile %96.07 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Önerilen sistem, benzer çalışmalardan farklı olarak, geliştirdiğimiz arayüz ile birleştirilmiştir. Böylelikle, üretim sürecinde daha az insan kaynaklı hata ile mermerlerin sınıflandırılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mermer sınıflandırılması, Derin öğrenme, Transfer öğrenme, Evrişimsel sinir ağları.

Deep Learning Based Automated Classification of Marble Surfaces

Abstract

The demand for marble has increased gradually in recent years with the increasing use of natural stones in architecture and decoration. In order to meet the rising demand, producers must increase the efficiency of their marble production processes as well as increase their capacity. Production speed and efficiency decrease due to human-induced errors in marble classification, which is one of the marble production processes. In this study, as a solution to the problem of misclassification of marbles, an artificial intelligence supported system that classifies marble types with different colors and textures with high performance is proposed. In the proposed system, 12 convolutional neural network architectures were employed using transfer learning and deep learning methods to classify 516 marble images of 5 different marble types. As a result of the training with the augmented dataset, 96.07% classification accuracy was achieved with the VGG-16 architecture using transfer learning. Unlike similar studies, the proposed system has been integrated with our custom-designed interface. Thus, it is aimed to contribute to the classification of marbles which leads to less human-induced production issues.

Keywords: Marble classification, Deep learning, Transfer learning, Convolutional neural network.

* Sorumlu Yazar: 150403032@ogr.ikc.edu.tr

1. Giriş

Mermer, estetik görünüşü ve sağlam yapısıyla iç ve dış cephe kaplamalarında yaygın olarak kullanılan dekoratif unsurlardan biridir. Mermer rezervi ve üretiminde büyük bir potansiyele sahip olan ülkemizde, mermer kullanımına olan talebin artmasıyla birlikte üretim kapasitesini artırabilecek, mevcut üretim hatalarını azaltan ve üretimi hızlandıran yeni çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Mermerlerin üretim süreçlerinden biri olan mermerlerin sınıflandırılması, personel tarafından gözle yapılmaktadır ki insan dikkat ve becerisine dayalı bu yöntem, üretim hızını ve verimini düşürmekle birlikte hata olasılığını da artırmaktadır (Cheung, 2006; Yin, Bai, & Zhang, 2018).

Sınıflandırma problemine çözüm olarak görüntü işleme ve yapay zeka tabanlı otonom sistemler önerilmiştir. Segmentasyon ve kümeleme yöntemleri, mermer sınıflandırmada yaygın kullanılan yöntemlerdendir (Benavente & Pina, 2009; KardanMoghaddama, Rajacib, & Moghaddam, 2018; Şişeci & Çetişli, 2012). Görüntü işleme ve hiyerarşik kümelemeye dayalı bir algoritma ile konveyör sisteminde sınıflandırma yapılmıştır (Selver, Akay, Alim, Bardakçı, & Ölmez, 2011). Başka bir çalışmada, mermer yüzeylerindeki renk dokusu analiz edilerek farklı renk uzaylarına göre öznitelikler çıkarılmıştır (Martínez-Alajarín, Luis-Delgado, Tomás-Balibrea, & Cybernetics, 2005). Bu öznitelikler, üç farklı kategoride sınıflandırma yapmak için 75 tane mermer örneği içeren veri kümesi üzerinde çok katmanlı algılayıcı sinir ağında eğitilmiştir (López, Martínez, Matías, Taboada, & Vilán, 2010). Spektrofotometre kullanarak mermerlerden alınan spektral bilgi, fonksiyonel destek vektör makineleri ve fonksiyonel sinir ağı üzerinde eğitilmiştir. Mermer ve diğer yüzeyler üzerinde yapılan bu çalışmalarda, sınıflandırma yapılması için renk ve doku özniteliklerin çıkarılması gerekmektedir. Gerçek-zamanlı otonom sistemler çevresel koşullara açık olduğundan, öznitelik çıkarma işlemi sistemin verimliliğini ve doğruluğunu etkilemektedir.

Sınıflandırmanın başarılı olması görüntüden çıkarılan seçici özniteliklerine bağlıdır (Mercan & Kılıç, 2020; Mercan, Kılıç, & Şen, 2021; Mutlu & Kılıç, 2018). Karmaşık öznitelikleri tespit etmek ve çevresel koşullardan etkilenme oranını minimize etmek için, son yıllarda sınıflandırma problemine derin öğrenme yaklaşımları uygulanmaktadır (Mercan, 2020; Mercan, Doğan, & Kılıç, 2020). Derin öğrenme; nesne tanıma, konuşma tanıma, doğal dil işleme gibi alanlarda resim, video, ses ve metinlerden otomatik olarak öğrenebilen bir yapay zeka dalıdır (Umut, Yılmaz, & Dikmen, 2019). Derin öğrenme geniş veri kümeleri ile öğrenme gerçekleştirir ve manuel özellik çıkarma işlemine gerek duymamaktadır (Buduma & Locascio, 2017). Ayrıca, derin öğrenmenin bir alt dalı olan evrimsel sinir ağları (ESA) aynı büyüklükteki yapay sinir ağlarına göre daha az bağlantı ve daha düşük sayıda eğitim parametresine sahiptir. Derin öğrenme tabanlı granit sınıflandırma çalışmasında MNIST1, MNIST2, MNIST3 ve CIFAR ESA'ları kullanılarak transfer öğrenme uygulanmış ve renkli karo görselleri üzerinde yüksek bir sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir (Ferreira & Giraldi, 2017). Kendi geliştirdikleri ESA ile iki kalite sınıftan oluşan ve 80 mermer görüntüsü içeren veri kümesi eğitilmiştir (Pençe & Çeşmeli, 2019). Veri artırımı uygulanmayan bu veri kümesinde, üç farklı algoritma ile 5-katlı çapraz doğrulama uygulanmıştır. ESA mimarilerinin kullanıldığı diğer bir yöntem olan transfer öğrenme, eğitim başarısı bilinen bir veri kümesi (örn. ImageNet) ile eğitilmiş mimarilerden bilgi transferi gerçekleştirilmesi

olarak tanımlanır (Fırıldak & Talu, 2019). Transfer öğrenme yönteminde, daha önce büyük bir veri kümesi ile eğitilmiş ağırlıklar alınır ve farklı bir veri kümesi üzerinde kullanılır. Veri kümesi küçük olan sınıflandırma problemlerinde transfer öğrenme ile ağı daha iyi öğrenmesini sağlanmaktadır (Pan & Yang, 2009).

Bu çalışmada üretim hatalarından biri kabul edilen mermerlerin yanlış sınıflandırma problemine çözüm olarak farklı renk ve dokulara sahip mermerleri yüksek doğrulukla sınıflandıran bir sistem önerilmiştir. Veri artırımı uygulanan 5 farklı sınıftan oluşan veri kümesi, 12 farklı ESA mimarisi kullanılarak derin öğrenme ve transfer öğrenme yöntemleri ile eğitilmiştir. Transfer öğrenme yöntemi uygulanan VGG-16 mimarisi ile en yüksek başarı elde edilmiş ve bu yöntem kullanıcı dostu bir arayüz ile birleştirilmiştir. Bildirinin geri kalanı ise şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de, mermer sınıflandırılması için derin öğrenme ve transfer öğrenme detaylandırılmış, veri artırımı ve arayüz tasarımı yöntemleri açıklanmıştır. Bölüm 3'te veri kümesi ve deneysel sonuçlar verilmiştir. Bölüm 4'te ise vargılara değinilmiştir.

2. Önerilen Yöntem

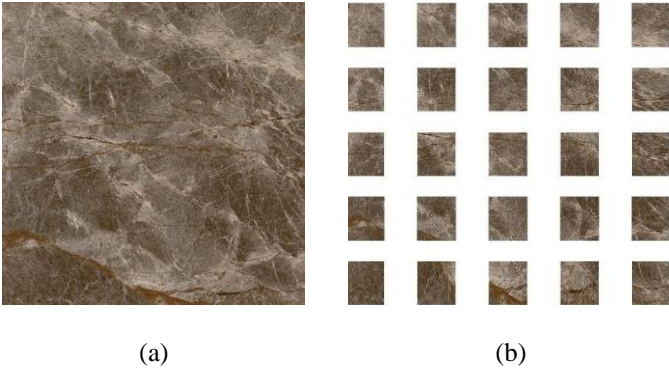
Bu bölümde, derin ve transfer öğrenme yöntemlerinin teorik içeriği anlatılmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan veri artırımı yöntemi ve tasarlanan arayüz açıklanmıştır.

2.1. Derin Öğrenme

ESA tabanlı derin öğrenme mimarileri, evrişim katmanı, havuzlama katmanı, aktivasyon katmanı, tam bağlı katman ve yumuşatma gibi kendine özgü görevleri olan ayrı katmanlardan oluşur. Evrişim katmanında evrişim işlemi gerçekleştiren filtreler girdi boyutlarına göre taranır ve öznitelik haritası çıkarılır. Öznitelik haritasının uzamsal boyutunu düşürmek için örnekleme yapan havuzlama katmanı kullanılır. Tam bağlı katman önceki katmanların sonucunda üretilen değerleri girdi olarak alır ve sınıf sayısı kadar çıktı üretir (Kurt, 2018). Bu çalışmada, derin öğrenme eğitimlerine başlamadan önce kullanılacak olan mimarilerin tam bağlı katmanı, veri kümesinin içerdiği mermer sınıf sayısına göre 5 olarak yeniden şekillendirilmiştir. Çalışmada kullanılması için yeni ESA mimarisi oluşturulmamış, ImageNet veri kümesi üzerinde önceden tanımlı 1000 görüntü sınıfını başarıyla sınıflandıran VGG-16, AlexNet, GoogLeNet gibi mimariler tercih edilmiştir. Derin öğrenme yöntemi uygulanırken, ImageNet veri kümesi ile eğitilip elde edilen katsayılar kullanılmamıştır. Mermer veri kümesi, mimariler kullanılarak eğitilmiş ve yeni katsayılar oluşturulmuştur.

2.2. Transfer Öğrenme

Derin öğrenmeden farklı olarak transfer öğrenme, görüntü özniteliklerini ağı üst katmanlarını kullanmadan çıkarır. Bu yöntemde, uygun olan katman (tam bağlı katman) bulunana kadar katmanlar dondurulur ve belli bir iterasyonda eğitildikten sonra yeni katmanlar eklenir. Daha önce büyük bir veri kümesi üzerinde eğitilmiş ağı katsayıları ve değiştirilmiş ağı yapısı ile mevcut veri kümesi sınıflandırılır. Transfer öğrenme eğitimleri, derin öğrenmede kullanılan 12 ön-tanımlı mimari ve katsayılarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu katsayılar, ImageNet üzerinde bulunan 1000 görüntü sınıfının ait 14 milyondan fazla görüntünün eğitilmesiyle belirlenmiştir.



Şekil 1. EMPERADOR sınıfına ait orijinal resim (a)'da gösterilmişken veri artırımı uygulanmış resim (b)'de verilmiştir.

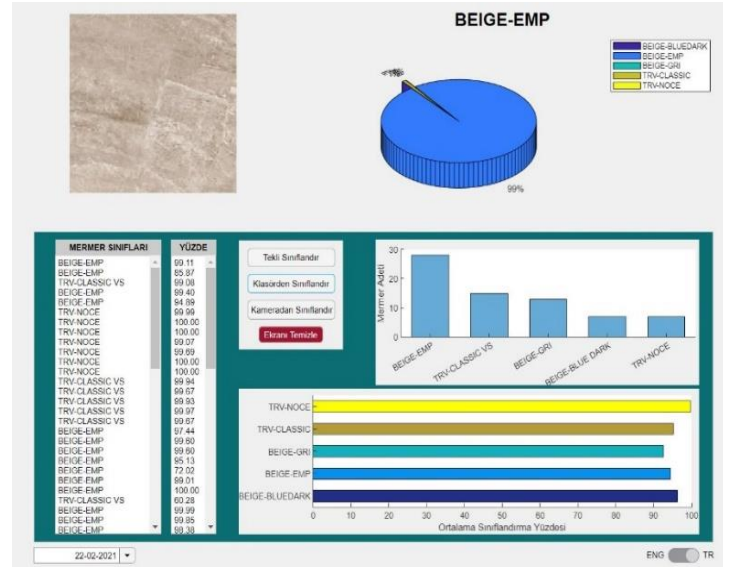
2.3. Veri Artırımı

Derin öğrenme yöntemlerinde, veri kümesinin sahip olduğu içerik sayısı sınıflandırma performansında büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle, içerik sayısı az olan veri kümelerinde veri artırımı yöntemi uygulanarak içerik sayısı artırılmakta, dolayısıyla eğitimlerin başarısı artmakta birlikte aşırı öğrenmenin (overfitting) önüne de geçilmektedir. Veri artırımı, veri kümesindeki görüntülerin döndürme, öteleme, kırpma, soldurma, ölçeklendirme gibi işlemlerden geçirilerek sentetik kopyalarını oluşturma ve yeni görüntüleri mevcut veri kümesine ekleyerek büyük bir veri kümesi oluşturma işlemidir (Shorten & Khoshgoftaar, 2019). Bu klasik veri artırımı yöntemleri, içerdiği şekil bilgisinden daha çok renk ve doku ile öne çıkan mermer yüzeylerinde etkili olmamaktadır. Bu nedenle, veri artırımı klasik yöntemlerin yerine yüksek çözünürlüklü ve boyuttaki mermer görüntülerinden, her bir ESA mimarisinin girdi boyutlarına uygun adaptif yeni görüntüler oluşturulmuştur.

Uygulanan veri artırımı yöntemi ile, bir mermer görüntüsü, kullanılacak mimarinin giriş çözünürlüğüne göre eşit parçalara bölünür. Görüntü boyutundan dolayı oluşan eşit olmayan parçalar, giriş çözünürlüğüne göre yeniden boyutlandırılır. Giriş çözünürlüğü 224x224 piksel olan VGG-16 mimarisi için veri artırımı uygulanmış EMPERADOR sınıfına ait 1024x1024 piksel çözünürlüğündeki bir mermer görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ESA mimarileri farklı giriş çözünürlüklerine sahiptir. Mimarilerin en düşük giriş çözünürlüğü 224x224 piksel iken en yüksek giriş çözünürlüğü 331x331 pikseldir. Bu nedenle, orijinal veri kümesi, giriş çözünürlüğü en küçük 224x224 piksel olan mimari için 8394 görüntü oluşturulurken, giriş çözünürlüğü en yüksek 331x331 piksel olan mimari için 3874 görüntü içeren veri kümesi oluşturulabilmiştir. Diğer mimarilerden oluşan veri kümeleri ise 3874-8394 arasında görüntü içermektedir.

2.4. Arayüz Tasarımı

Mermer sınıflandırma işleminin kolay ve hızlıca yapılabilmesi için MATLAB AppDesigner kullanarak tasarladığımız arayüz, en yüksek başarıyı sağlayan sınıflandırıcı ile birleştirilmiştir. Şekil 2'de kullanıcı arayüzünün ekran görüntüsü verilmiştir. Arayüzde sınıflandırma yapılması için 3 seçenek bulunmaktadır. Kullanıcı "Tekli Sınıflandır" seçeneğine tıkladığında, seçilen mermer görüntüsü, mermerin hangi sınıfa ait olduğunu gösteren pasta grafiği ve sınıflandırma doğruluk yüzdesi ekranda görülür.



Şekil 2. Sınıflandırma arayüzü

Kullanıcı "Klasörden Sınıflandır" seçeneğine tıkladığında, seçilen klasördeki tüm mermer görüntüleri sırasıyla sınıflandırılır ve ilgili mermer görüntüsüne ait doğruluk yüzdesi pasta grafiği üzerinde gösterilir. Sınıflandırılan mermer görüntüleri otomatik olarak ilgili klasöre kaydedilir. Klasörlerde bulunan mermer adedi ve ortalama sınıflandırma yüzdesi tablolarda verilir. Kullanıcı, "Kameradan Sınıflandır" seçeneğine tıkladığında, kamera ile yakalanan görüntü üzerinde sınıflandırma yapılır. Ayrıca, kullanıcı geçmiş sınıflandırma sonuçlarına görmek isterse tarih seçerek ilgili klasöre ulaşabilir. Sınıflandırma yapılmamış bir tarih seçildiğinde, kullanıcı uyarı mesajı ile uyarılır. İngilizce ve Türkçe dil desteğiyle gelen arayüzümüz üretim hattında çalışanların rahatlıkla kullanabileceği basit ve sade bir tasarıma sahiptir.

3. Deneysel Sonuçlar

3.1. Veri Kümesi

Eğitimlerde kullanılan veri kümesi 5 mermer sınıfına ait 516 mermer görüntüsü içermektedir. Bu görüntülerden 102 tanesi BEIGE-GRI, 90 tanesi BEIGE-BLUE DARK, 42 tanesi BEIGE-EMPERADOR, 91 tanesi TRAVERTINE-NOCE ve 191 tanesi ise TRAVERTINE-CLASSIC sınıfına aittir. Veri kümesinin türlerine göre içerdiği örnek mermer görüntüleri Şekil 3'te gösterilmiştir.

Eğitimlerde kullanılmak üzere her mermer sınıfı için, içerdiği görüntülerin %30'u rastgele seçilerek test veri kümesi oluşturulmuş ve %70'i ise eğitim veri kümesi olarak kullanılmıştır. Böylece aşırı öğrenmenin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Görüntülerin 361 tanesi eğitim kümesi olarak, 154 tanesi ise test kümesi olarak gruplandırılmıştır. Bu görüntü sayıları, derin ve transfer öğrenme mimarilerinin eğitimi için yeterli olmadığından, görüntüler Bölüm 2.3'te açıklanan veri artırımı yöntemi ile mimarinin giriş çözünürlüğüne göre adaptif olarak çoğaltılmıştır.

Tablo 1. Derin ve Transfer Öğrenme Doğruluk Yüzdeleri

ESA	DERİN ÖĞRENME		TRANSFER ÖĞRENME	
	Orijinal Veri Kümesi (%)	Artırılmış Veri Kümesi (%)	Orijinal Veri Kümesi (%)	Artırılmış Veri Kümesi (%)
Inception-v3	71.61	69.07	82.58	78.72
Xception	77.74	80.64	83.87	85.21
DarkNet-53	75.48	83.79	81.29	86.45
MobileNet-v2	70.97	83.60	78.71	90.03
DarkNet-19	78.06	81.59	76.13	91.07
ResNet-101	67.74	78.16	84.52	92.02
ResNet-50	72.26	78.99	82.58	92.34
ResNet-18	78.71	86.06	82.58	92.37
AlexNet	78.06	87.88	82.58	93.37
GoogLeNet	78.78	88.32	81.94	94.44
VGG-19	77.42	88.64	85.81	95.87
VGG-16	78.05	88.80	85.81	96.07



Şekil 3. Veri kümesi

3.2. Sonuçlar

Bu çalışmada, veri kümesi belirlenen 12 farklı ESA mimarisi ile derin öğrenme ve transfer öğrenme yöntemleriyle eğitilmiştir. Her bir mimari için veri kümesi, giriş çözünürlüklerine göre yeniden boyutlandırılmıştır. Derin öğrenme ve transfer öğrenme yöntemlerinde parametreler sabit tutulmuştur. Mimariler eğitilirken, daha önceden belirlenen hiper parametre değerleri, eğitim tur sayısı 20 ve mini-batch 16 olacak şekilde ayarlanmıştır. Orijinal ve veri artırımı yöntemi ile oluşturulan yeni veri kümeleri üzerinde eğitimler aynı mimariler referans alınarak tekrarlanmıştır.

Derin öğrenme ve transfer öğrenme yöntemleri ile gerçekleştirilen eğitimlerin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Derin öğrenme ile eğitilen orijinal veri kümesi üzerinde en yüksek doğruluk yüzdesi %78.78 ile GoogLeNet mimarisinde elde edilirken artırılmış veri kümesi ile yapılan eğitimler sonucunda en yüksek doğruluk yüzdesi %88.80 ile VGG-16 mimarisinde görülmüştür. Transfer öğrenme eğitimleri sırasında derin öğrenme yönteminden farklı olarak mimarilerin katsayıları kullanılmıştır. Orijinal veri kümesiyle gerçekleştirilen transfer öğrenme eğitimlerinde VGG-16 ve VGG-19 mimarilerinden %85.81 ile en iyi doğruluk yüzdesi elde edilirken artırılmış veri kümesi ile yapılan eğitimler sonucunda en yüksek doğruluk yüzdesi %96.07 ile VGG-16 mimarisinde gözlemlenmiş ve bu eğitime ait hata matrisi (veya karmaşıklık matrisi) Şekil 4'te verilmiştir.

		Hata Matrisi					
Tahmin Değerleri		BEIGE-BLUE DARK	BEIGE-EMP	BEIGE-GRI	TRV-CLASSIC	TRV-NOCE	
		BEIGE-BLUE DARK	295 11.7%	1 0.0%	16 0.6%	3 0.1%	1 0.0%
BEIGE-EMP	2 0.1%	130 5.2%	2 0.1%	4 0.2%	3 0.1%	92.2% 7.8%	
BEIGE-GRI	26 1.0%	1 0.0%	617 24.5%	2 0.1%	7 0.3%	94.5% 5.5%	
TRV-CLASSIC	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	939 37.3%	2 0.1%	99.6% 0.4%	
TRV-NOCE	3 0.1%	3 0.1%	17 0.7%	4 0.2%	438 17.4%	94.2% 5.8%	
		90.5% 9.5%	95.6% 4.4%	94.5% 5.5%	98.6% 1.4%	97.1% 2.9%	96.1% 3.9%
		BEIGE-BLUE DARK	BEIGE-EMP	BEIGE-GRI	TRV-CLASSIC	TRV-NOCE	
		Gerçek Değerler					

Şekil 4. Artırılmış veri kümesi ile transfer öğrenme yapılan VGG-16 mimarisine ait hata matrisi

Hata matrisi test veri kümesinin gerçek etiketleri ve eğitim sonunda tahmin edilen tahmin etiketlerinden oluşur. Hata matrisinin sütunları gerçek etiketlere, satırları tahmin edilen etiketlere karşılık gelir. Köşegen hücreler (yeşil renkli) doğru sınıflandırılmış etiketleri belirtirken köşegen olmayan her hücre (kırmızı renkli) yanlış sınıflandırılmış etiketleri temsil eder. Yapılan eğitimlerde ESA mimarilerinin giriş çözünürlüklerine göre genişletilen veri kümelerinin, derin öğrenme ve transfer öğrenme eğitimlerinde başarı oranını yükselttiği görülmüştür. Tablo 2'de önerilen yöntem ve diğer mermer sınıflandırma çalışmalarının kıyaslaması verilmiştir. Sonuçlar önerilen yöntemin üstünlüğünü göstermektedir.

Tablo 2. Mermer Sınıflandırma Çalışmaları Sonuçları

	YÖNTEM	DOĞRULUK (%)
(Pençe & Çeşmeli, 2019)	ESA	75.00
(KardanMoghaddama et al., 2018)	K-means Kümeleme	83.60
(Selver et al., 2011)	Hiyerarşik Kümeleme	83.60
(Ferreira & Giraldi, 2017)	CIFAR	87.26
Önerilen Yöntem	VGG-16	96.07

4. Vargılar

Bu çalışmada, mermerlerin üretim süreçlerinden yanlış sınıflandırma probleminde çözüm olarak derin öğrenmeye dayalı bir yöntem önerilmiştir. Mermer yüzeyleri içerdikleri şekil bilgisinden daha çok renk ve doku ile öne çıktıkları için klasik veri artırımı yöntemlerinden farklı olarak her bir ESA mimarisi giriş çözünürlüğüne uygun adaptif yeniden boyutlandırma yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada 5 farklı veri kümesine ait orijinal ve adaptif oluşturulmuş yeni veri kümeleri derin öğrenme ve transfer öğrenme yöntemleri ile eğitilmiştir. Eğitimler sonucunda, genişletilen veri kümesinin eğitim başarısını artırdığı gözlemlenmiştir. Artırılmış veri kümesi ile VGG-16 mimarisinde %96.07 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Ayrıca, üretim sürecinde kullanıma ve insan kaynaklı

hataları azaltmaya yönelik basit ve sade tasarımı olan İngilizce-Türkçe dil desteğine sahip, kullanıcının tercihine göre sınıflandırma seçenekleri sunan ve geçmişe yönelik kayıt tutan bir arayüz tasarlanmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Desteği Programı (Proje no: 1139B412000853) ve İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje no: 2019-GAP-MÜMF-0013) tarafından desteklenmektedir.

Kaynakça

- Benavente, N., & Pina, P. (2009). Morphological segmentation and classification of marble textures at macroscopical scale. *J Computers geosciences*, 35(6), 1194-1204.
- Buduma, N., & Locascio, N. (2017). *Fundamentals of deep learning: Designing next-generation machine intelligence algorithms*: " O'Reilly Media, Inc."
- Cheung, K. S. (2006). Modelling and analysis of manufacturing systems using augmented marked graphs. *J Information Technology Control*, 35(1).
- Ferreira, A., & Giraldo, G. (2017). Convolutional Neural Network approaches to granite tiles classification. *J Expert Systems with Applications*, 84, 1-11.
- Fırıldak, K., & Talu, M. F. (2019). Evrimsel Sinir Ağlarında Kullanılan Transfer Öğrenme Yaklaşımlarının İncelenmesi. *J Bilgisayar Bilimleri*, 4(2), 88-95.
- KardanMoghaddama, H., Rajaeib, A., & Moghaddam, H. K. (2018). Marble slabs classification system based on image processing (ark marble mine in Birjand). *J Civil Engineering Journal*, 4(1).
- Kurt, F. (2018). *Evrimsel Sinir Ağlarında Hiper Parametrelerin Etkisinin İncelenmesi*. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
- López, M., Martínez, J., Matías, J. M., Taboada, J., & Vilán, J. A. (2010). Functional classification of ornamental stone using machine learning techniques. *Journal of Computational Applied Mathematics*, 234(4), 1338-1345.
- Martínez-Alajarín, J., Luis-Delgado, J. D., Tomás-Balibrea, L.-M. J. I. T. o. S., Man., & Cybernetics, P. C. (2005). Automatic system for quality-based classification of marble textures. 35(4), 488-497.
- Mercan, Ö. B. (2020). *Deep Learning based Colorimetric Classification of Glucose with Au-Ag nanoparticles using Smartphone*. Paper presented at the 2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO).
- Mercan, Ö. B., Doğan, V., & Kılıç, V. (2020). *Time Series Analysis based Machine Learning Classification for Blood Sugar Levels*. Paper presented at the 2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO).
- Mercan, Ö. B., & Kılıç, V. (2020). *Fuzzy classifier based colorimetric quantification using a smartphone*. Paper presented at the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems.
- Mercan, Ö. B., Kılıç, V., & Şen, M. (2021). Machine learning-based colorimetric determination of glucose in artificial saliva with different reagents using a smartphone coupled µPAD. *J Sensors Actuators B: Chemical*, 329, 129037.

- Mutlu, A. Y., & Kılıç, V. (2018). *Machine learning based smartphone spectrometer for harmful dyes detection in water*. Paper presented at the 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- Pan, S. J., & Yang, Q. (2009). A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on Knowledge Data Engineering*, 22(10), 1345-1359.
- Pençe, İ., & Çesmeli, M. Ş. (2019). Deep learning in marble slabs classification. *J Scientific Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, 2(1), 21-26.
- Selver, M. A., Akay, O., Alim, F., Bardakçı, S., & Ölmez, M. (2011). An automated industrial conveyor belt system using image processing and hierarchical clustering for classifying marble slabs. *J Robotics Computer-Integrated Manufacturing*, 27(1), 164-176.
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on image data augmentation for deep learning. *J Journal of Big Data*, 6(1), 1-48.
- Şişeci, M., & Çetişli, B. (2012). Traverten plaka taşlarda sınıfların K-ortalamalar ve bulanık C-ortalamalar kümeleme yöntemleri ile belirlenmesi. *J Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3), 238-247.
- Umut, K., Yılmaz, A., & Dikmen, Y. (2019). Sağlık alanında kullanılan derin öğrenme yöntemleri. *J Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(16), 792-808.
- Yin, J.-f., Bai, Q., & Zhang, B. (2018). Methods for detection of subsurface damage: a review. *J Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 31(1), 1-14.



Dental Kişi Tanıma Amacıyla Panoramik Röntgen Görüntülerinde Yeni Bir Çene Bölütleme Yöntemi

Mustafa Hakan Bozkurt^{1*}, Serap Karagöl²

^{1*} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7734-0295),

mhakanbozkurt@ktu.edu.tr

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5750-1143),

serap.karagol@omu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948468)

ATIF/REFERENCE: Bozkurt, M.H. & Karagöl, S. (2021). Dental Kişi Tanıma Amacıyla Panoramik Röntgen Görüntülerinde Yeni Bir Çene Bölütleme Yöntemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 78-84.

Öz

Dental biyometri, kişilerin kimliklerinin tespiti için dental bilgilerinin kullanıldığı biyometri türüdür. İris, parmak izi, yürüyüş gibi diğer biyometrik özellikler günümüzde kişilerin tanınması amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu özellikler çeşitli nedenlerle kolayca zarar görebilirler. Örneğin yangın, deprem ve trafik kazası gibi kişinin ağır yaralandığı durumlarda, bu biyometrik özellikler zarar görebilir ve kullanılamaz hale gelebilir. Dişler ise diğer biyometrik özelliklere göre daha dayanıklıdır. Daha zor bozulurlar. Dişlerin bu özelliği sayesinde dental biyometri, diğer biyometrik özelliklerin kullanılabilir olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Dental görüntüleme bitewing, periapikal ve panoramik röntgen gibi farklı yöntemler bulunmaktadır. Bitewing tipi röntgen görüntülerinde çenenin bir bölümünde alt ve üst dişler görüntülenmektedir. Periapikal röntgenler bir ya birkaç dişin detaylı görüntülediği röntgenlerdir. Panoramik röntgen görüntüleri ise tüm çenenin panoramik bir şekilde görüntülediği röntgen türüdür. Bu röntgen tipinde tüm dişler bir arada görüntülenmektedir. Panoramik röntgenler çene ve diş yapıları konusunda daha fazla bilgi içermesi yönüyle daha avantajlıdır. Ancak buna karşın panoramik röntgen görüntülerinde, çene ve burun kemiği, ısırma diski gibi istenmeyen öğeler bulunmaktadır. Bu durum görüntülerin işlenmesini zorlaştırmaktadır. Üç röntgen türünün işlenmesinde ortak olarak düşük parlaklık değişimi, üst üste gelen ya da farklı yönelimlerde olan dişler gibi zorluklar bulunmaktadır. Dental radyografi görüntülerinden kişi tanıma uygulamasının ana aşamaları; alt ve üst çene ayrımı, diş ayrımı, özellik çıkarımı ve eşleştirmedir. Bu aşamalardan ilki alt-üst çene segmentasyonudur. Bu aşamanın yüksek doğrulukla yapılması, sonraki aşamaları da etkilemektedir. Bu nedenle çene ayırma işleminin en az hata ile tamamlanması önemlidir. Bu çalışmada panoramik röntgen görüntülerinde, alt ve üst çene segmentasyonu için yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem ile kullanılan veri tabanında yüksek doğruluk ile çene ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kıyaslanan güncel diğer çalışmalara göre daha yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: dental kişi tanıma, bölütleme, medikal görüntüleme, görüntü işleme, biyometri.

A New Jaw Segmentation Method on Panoramic X-Ray Images for Dental Human Identification

Abstract

Dental biometry is a biometry method in which dental information is used to identify individuals. Other biometric features such as iris, fingerprints, and gait are successfully used today to identify people. However, these features can be easily damaged for various reasons.

* Sorumlu Yazar: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7734-0295, mhakanbozkurt@ktu.edu.tr

For example, these biometric properties can be damaged and become unusable in cases of heavy damage such as fire, earthquake and traffic accident. Teeth are more durable than other biometric features. They deteriorate more difficultly. Thanks to this feature of teeth, dental biometry is preferred when other biometric features are not available. There are different methods in dental imaging such as bitewing, periapical and panoramic x-ray. Bitewing type x-ray images shows the upper and lower teeth in a part of the jaw. Periapical X-rays are X-rays that show one or more teeth in detail. Periapical x-rays are images that are shown one or more teeth in detail. Panoramic x-ray images, on the other hand, are a type of x-ray in which the entire jaw is viewed in a panoramic way. In this type of x-ray, all teeth are displayed together. Panoramic x-rays are more advantageous in that they contain more information about jaw and tooth structures. However, panoramic x-ray images contain undesirable items such as jawbone, nasal bone and bite disc. This situation makes it difficult to process images. Common difficulties in processing the three X-ray types are low brightness variation, overlapping teeth or teeth with different orientations. Main stages of person recognition application from dental radiography images are lower and upper jaw separation, tooth separation, feature extraction and matching. The first of these stages is the lower upper jaw segmentation. Failure to do this stage with high accuracy affects the next stages as well. For this reason, it is important to complete the jaw separation process with the least error. In this study, a new method is proposed for upper and lower jaw segmentation in panoramic x-ray images. With the proposed method, jaw separation was performed with high accuracy in the database used. In addition, higher accuracy rate was achieved compared to other compared current studies.

Keywords: dental human identification, segmentation, medical imaging, image processing, biometrics.

1. Giriş

Kişilerin, bireysel karakteristik özelliklerine göre tanımlanması için oluşturulmuş sistemler biyometrik sistemler olarak adlandırılmaktadır. Kişilerin tanınması amacıyla çeşitli farklı biyometrik özellikler kullanılabilir: Parmak izi, yüz, ses, göz ve yazı bilinen ve sıkça kullanılan biyometrik özelliklerden bazılarıdır. Bu özelliklerden faydalanılarak yüksek başarı ile kişi tanıma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Buna karşın bir kaza durumunda bu özellikler kolayca zarar görebilir ve bozulabilirler. Bu nedenle yangın ve deprem gibi vücudun ağır zarar gördüğü bir ölüm sonrasında, kişi tespiti konusunda bu biyometrik özellikler kullanılamaz. Dişler ise diğer biyometrik özelliklerin elde edildiği organlara kıyasla daha dayanıklıdır. Bu da dişleri ağır yaralanmalı kaza durumlarında diğer özelliklere göre daha kullanılabilir kılmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle diğer özelliklerin kullanılmadığı durumlarda kişi tespiti; adli diş bilimcileri tarafından, ağız ve diş özellikleri incelenerek yapılmaktadır (Pretty ve Sweet, 2001). Adli diş hekimleri tarafında elle yapılan bu işlem uzun ve zordur. Bu işlemlerin bilgisayar yardımı ile yapılması adli diş hekimine yardımcı olacak ve süreci hızlandıracaktır.

Panoramik radyografi görüntüleri ağzın tamamının panoramik olarak görüntülediği röntgenlerdir. Bu görüntülerden diş ve kemik anomalileri, kist, tümör ve enfeksiyon gibi çeşitli hastalıkların gözlemlenmesi amacıyla faydalanılmaktadır (Silva ve ark., 2018). Dental rahatsızlıklarda sıkça kullanılan panoramik radyografi görüntüleri tüm dişleri ve çene yapısını birlikte içermesi işlemlerini zorlaştırmaktadır, ancak dental özellikleri bitewing ve periapikal görüntüleme göre daha çok içermeleri nedeniyle avantajlıdır.

Kişi tanıma işleminin ana aşamalarından birisi segmentasyondur. Dental görüntülerin segmentasyonunda çene ve dişlerin ayrıştırılması amaçlanır. Böylece özellik çıkarımına uygun hale gelirler.

Dental radyografi görüntülerinde parlaklık değişimlerinin yetersiz kalabilmesi, görüntüden kolay etkilenebilmeleri, dişler üzerindeki tedaviler, kırık ya da üst üste gelen dişlerin bulunması gibi nedenlerden ötürü zordur.

Kişi tanıma amacıyla dental radyografi segmentasyonu için literatürde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmalarda graf tabanlı (Barboza ve ark., 2012, Nomir ve ark., 2012), yarı

otomatik (Jain ve ark., 2003, Bozkurt ve Karagöl, 2020), eşikleme (Abdel-Mottaleb ve ark., 2003), parlaklık izdüşümü (Jain ve Chen, 2004, Frejlichowski ve Wanat, 2011b, Oktay 2017, Ølberg ve Goodwin, 2016), aktif kontur modeli (Chen ve Jain 2004), bağlantılı bileşenler (Said ve ark., 2006), havza (Frejlichowski ve Wanat, 2011a), PHOG (Oktay,2017), maske (Dibeh ve ark. 2018), PSO (Bozkurt ve Karagöl, 2020) gibi yöntemlerden faydalanılmıştır.

Önerilen algoritmalar başarıyla çalışıyor olsa da ortak bir veri tabanı olmaması nedeni ile farklı veri tabanlarında farklı performanslar elde ediliyor olması; henüz istenilen başarıya ulaşılamamış olması, ayrıca çalışmaların çoğunun panoramik röntgenler için hazırlanmamış olması gibi nedenlerden bu alanda güncel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

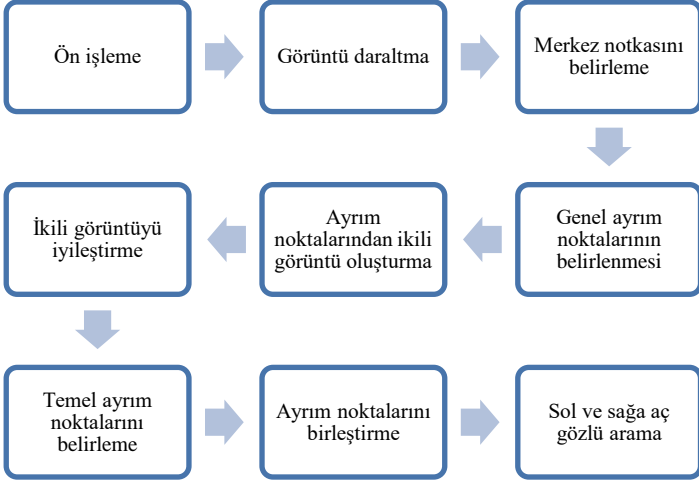
Bu çalışmada panoramik röntgen görüntülerinde kişi tanıma amacıyla yeni bir çene segmentasyon yöntemi önerilmiştir. Literatürde çene ayrımı için parlaklık izdüşümü (Jain ve Chen, 2004), parçacık sürü optimizasyonu (Bozkurt ve Karagöl, 2020) ve en kısa yol (Ølberg ve Goodwin, 2016) gibi yöntemler önerilmiştir. Parlaklık izdüşümü yöntemi ilk olarak bitewing tipi görüntüleme uygulanmıştır. Ancak sonraki yıllarda panoramik görüntüleme uygulanabilecek şekilde modifiye edilerek (Frejlichowski ve Wanat, 2011b, Oktay 2017) kullanılmaktadır. En kısa yol yöntemi (Ølberg ve Goodwin, 2016) sadece bitewing görüntüler için önerilmiştir. Çembersel maske yaklaşımı (Dibeh ve ark., 2018) ile PSO yaklaşımı PSO (Bozkurt ve Karagöl, 2020) ise panoramik röntgen görüntülerinde çene ayrım eğrisinin otomatik olarak belirlenmesi amacıyla sunulan güncel diğer çalışmalardır. Önerilen çalışma panoramik röntgen görüntülerine uygun şekilde hazırlanmış güncel çalışmalarda (Oktay 2017, Dibeh ve ark., 2018, Bozkurt ve Karagöl, 2020) kıyaslanmıştır.

Önerilen yöntem ile kıyaslanan diğer çene ayrım yöntemlerine göre daha başarılı çene ayrımı gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

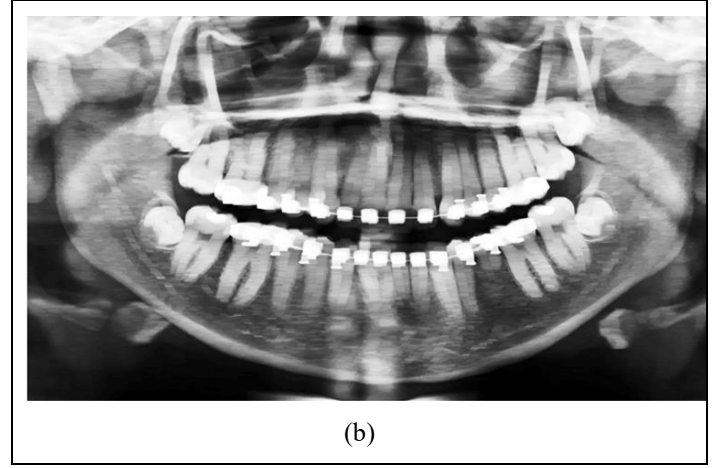
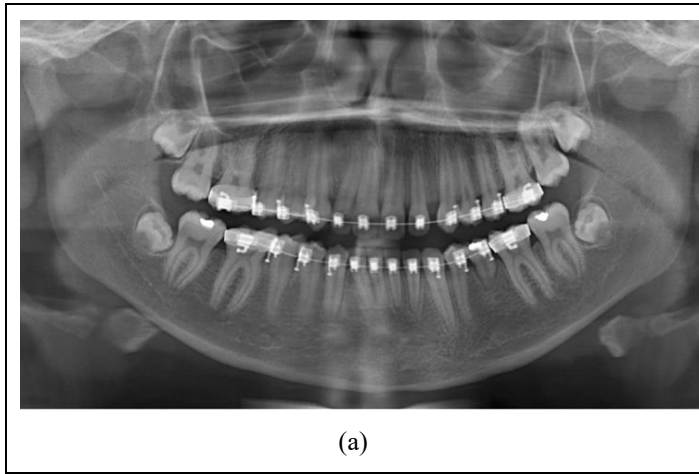
Bu çalışmada veri seti olarak Gil Silva ve arkadaşlarının sunmuş oldukları veri tabanı (Silva ve ark., 2018) kullanılmıştır. Veri seti; 1991x1127 boyutlarındaki panoramik diş röntgen görüntülerinden oluşmaktadır. Röntgen görüntüleri ORTHOPHOS XG 5/XG 5 DS/Ceph modeli x-ray kamerasından alınmış olup başlangıçta 2440x1292 piksel boyutunda olan görüntülerin hepsinde çene harici arka plan kısımları kırılmıştır.

Panoramik röntgen görüntüleri dişlerin yanı sıra çene kemiği, burun kemiği gibi farklı yapılar da içermektedir. Bu yapılar çene ve diş ayırma işlemlerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle önerilen yöntem; görüntünün çene boşluğunun yaklaşık bir konumunu belirlemeye ve bu konum etrafında arama yapmaya dayanmaktadır. Temel işlem adımları Şekil 1’de gösterilmiştir. Görüntü ilk olarak çene boşluğunu belirlemeye yönelik bir ön işlemeden geçirilmektedir. Bu ön işleme ile parlaklık dağılımının daha düzgün olması amaçlanmaktadır. Bununla birlikte diş arası boşluklar ve diş pulpaları arama yaparken yanlış noktalara ilerlemeye neden olabilmektedir. Bu nedenle ön işleme ile bu boşluklar da giderilmeye çalışılmaktadır.



Şekil 1. Yöntem akışı

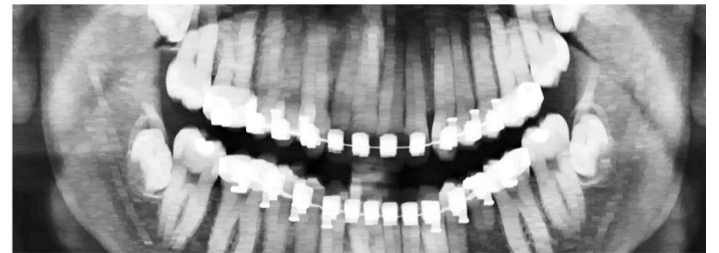
Ön işleme amacıyla ilk olarak görüntü üzerinde gri seviyeye dönüşüm ile başlamaktadır. Ardından diş arası boşlukları ve diş pulpalarını elimine etmek için morfolojik dilezyon işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemi yaparken amaç yüksek parlaklıklı konumlara bitişik düşük parlaklıklı bölgeleri değiştirmektir. Bu nedenle yapısal eleman sadece yatay açıda etki edecek şekilde seçilmiştir. Morfolojik dilezyondan sonra görüntüde histogram eşitleme kullanılarak kontrast iyileştirilmesi yapılmaktadır. Son olarak iki boyutlu istatistik filtresi uygulanmaktadır. Bu filtrede 3*3 komşulukta minimum değerler seçilmektedir. Orijinal görüntü ve ön işleme sonucu Şekil 2.’de gösterilmiştir.



Şekil 2. a) Orijinal görüntü, b) Ön işleme sonrası görüntü

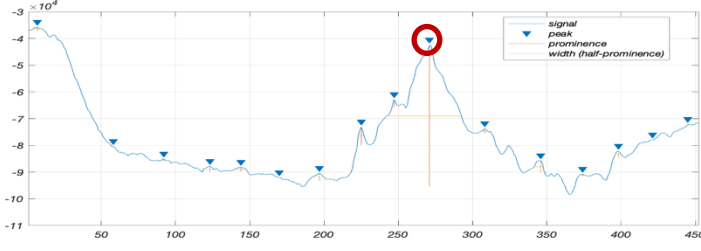
2.1. Çene Boşluğu Doğrusunun Bulunması

Ön işleme sonrası ikinci hedef olarak çene boşluğunun (gap valley) yaklaşık konumu belirlenmektedir. Bu amaçla parlaklık projeksiyonu yönteminden faydalanılmaktadır. Genellikle bitewing tipi görüntülerde uygulanan bu yöntem panoramik görüntüye doğrudan uygulandığında sıklıkla yanlış sonuçlar vermektedir. Bunun nedeni üst çene ile burun arası ve alt çene ile görüntünün sonu arası gibi çene arası kadar koyu renkte bölgelerin bulunmasıdır. Dolayısıyla doğru konumun belirleyebilmek için arama bölgesini daraltmak gerekmektedir. Bu amaçla ilk olarak görüntü üst ve alttan 30% daraltılmaktadır. Daraltılmış görüntü örneği Şekil 3.’te gösterilmiştir. Kullanılan veri setinde çene boşluğunun, genellikle daraltılan bu bölgede bulunduğu deneysel olarak tespit edilmiştir. İkinci olarak yanlardaki çeneye ait bölgelerin ve röntgen çekimi esnasında ısırsılan diskin etkisini azaltmak için parlaklık projeksiyonu görüntünün yataydaki 1/4-2/4’lük bölgesine uygulanmıştır.



Şekil 3. Üstten ve alttan daraltılmış çene görüntüsü

Önceki çalışmalarda genellikle parlaklık projeksiyonunun minimum değeri kullanılmaktadır. Bu durum bitewing tipi görüntüler için iyi sonuç verse de panoramik görüntülerde yetersiz kalmaktadır. Bunun için diğer yöntemlerden farklı olarak pik değerleri kullanılmıştır. Bu yöntemde parlaklık projeksiyonundaki minimum değerli pikler en az 20 birim mesafe ile belirlenmekte ardından bu pikler içinden maksimum prominansa sahip pik noktası seçilmektedir. Bu nokta merkez çizgi olarak adlandırılmıştır. Burada çene arası boşluğun diğer yerlerdeki yerel boşluklara göre geniş olmasından faydalanılmaktadır. Şekil 4.’te bulunan pik noktaları ve merkez çizgi olarak seçilen pik noktası gösterilmiştir.

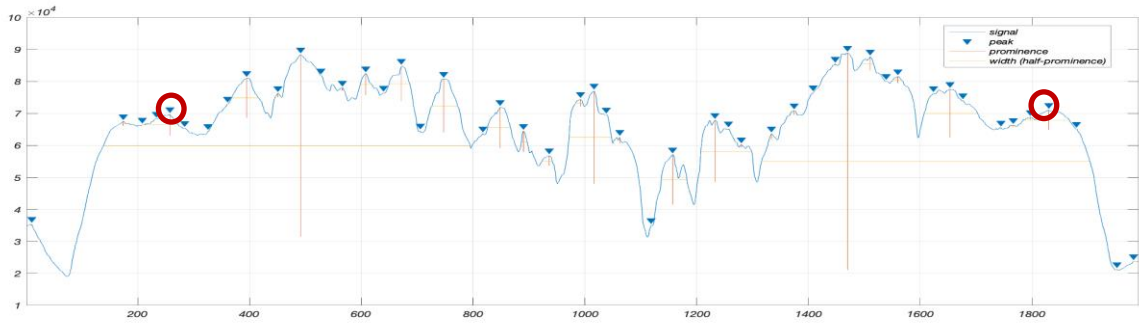


Şekil 4. Maksimum prominans değerine sahip pik

Bu nokta merkez çizgi olarak adlandırılmıştır. Burada çene arası boşluğun diğer yerlerdeki yerel boşluklara göre geniş olmasından faydalanılmaktadır. Şekil 4.'te bulunan pik noktaları ve merkez çizgi olarak seçilen pik noktası gösterilmiştir.

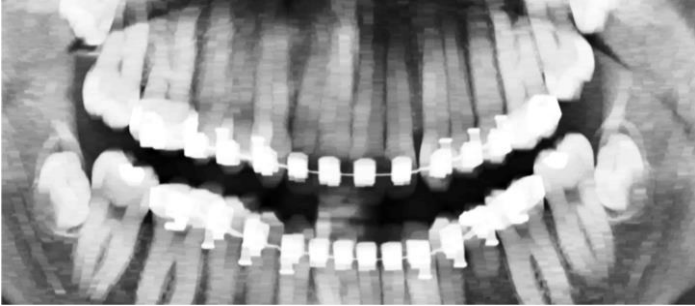
2.1.1. Çene ayırma eğrisinin oluşturulması

Belirlenen bu konum çene boşluğundan geçiyor olsa da panoramik görüntülerdeki çene boşluğu yay biçiminde olduğundan çene ayırma için yetersizdir. Bu nedenle merkez çizgi etrafında çeneleri daha iyi ayıran noktaların belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktalar belirlemek için şu yaklaşım uygulanmıştır. Öncelikle çenenin sol ve sağında bulunan koyu pikseller algoritmayı yanlış yönlendirebileceği için bu kısımların atılması gerekmektedir. Bu kısımları elemek için dikey parlaklık projeksiyonu üzerinden en az 20 piksel aralık ile maksimum pikler belirlenir. Bu piklerden sol ve sağdaki maksimum prominansa sahip konumlar, yataydaki daraltma konumları olarak seçilirler. Sağ ve soldan daraltma için seçilen pik noktaları Şekil 5.'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Sağ ve soldan daraltma için seçilen pik noktaları

Elde daraltılmış görüntü ayırma algoritmasında işlenecek olan görüntüdür. Örnek daraltılmış görüntü Şekil 6.'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Sağ ve soldan daraltılmış örnek çene görüntüsü



Şekil 7. İkili görüntünün iyileştirilmiş hali

Ayrırma için ilk olarak bir referans parlaklık değeri belirlenmektedir. Bunun için merkez çizginin üzerinden geçtiği piksellerin parlaklık değerlerinin ortalaması alınır. Bu çizgi koyu pikseller kadar parlak pikseller üzerinden de geçtiği için referans parlaklık değeri olarak ortalama değerinin yarısı kullanılmıştır. Sonra merkez çizgiden itibaren 80 piksel ileri ve 80 piksel gerideki bütün pikseller bu referans parlaklığa göre kontrol edilir. Parlaklık değeri referans parlaklık değerinden düşük olan pikseller 1 diğer pikseller 0 olarak işaretlenir ve bu değerler ile yeni bir görüntü oluşturulur.

Bulunan 1 değerli konumların bir kısmı dişlerin arasında bulunmaktadır. Bu nedenler yeni görüntü üzerinde morfolojik işlemler yaparak çene arasına ait olmayanlar elenir. Ayrıca 1 değerli konumlar arasındaki küçük boşluklar da elenmektedir. Bu da çene arası boşluğun daha doğru belirlenmesi için faydalıdır. Bu işlemler için sırasıyla 1000 pikselden küçük nesnelerin silinmesi ve morfolojik kapama uygulamaları yapılmıştır. Uygulanan işlemlerin sonucu Şekil 7.'de görülmektedir.

Son olarak elde edilen görüntü üzerinde çeneler arası boşluğa ait noktalar bulunmaktadır. Ayrıca bu noktalar içerisinde hala elenememiş küçük piksel grupları da bulunabilmektedir. Bu nedenle ilgili piksel grubundan en iyi ayıran noktaları seçmek için her bir sütundaki merkez çizgiye en yakın satırdaki noktalar belirlenir. Bu sayede üst diş aralarına doğru gruplanmış piksellerde alttaki; alt diş aralarına doğru gruplanmış piksellerde üstteki noktaların seçilmesi sağlanır. Bu da çeneyi daha iyi ayırmayı sağlamaktadır.

Son durumda seçilen noktaların arasında eksik olanlar bulunabilmektedir. Eksik noktaları bulmak için her bir sütundaki

orta noktaya en yakın olan sütundaki nokta belirlenir. Bu noktaların sütun değerleri arasındaki fark birden fazla ise bu iki nokta ile bir doğru oluşturulur ve aradaki noktalar bu doğru üzerinden elde edilir. Bu işlem ile çene arasında çeneyi en iyi ayıran en iyi noktalar belirlenmiş olur.

2.1.2 Kenar Bölgelerdeki Ayrım Noktalarının Bulunması

Seçilen noktaların en sol ve en sağ görüntünün en solu ve en sağında değildir. Çünkü en sol ve en sağda çene kemiği bulunmaktadır. Çene kemiğine yakın piksellerin parlaklık değerleri de yüksek olduğundan bu kısımlar da seçilmeyebilmektedir. Dolayısıyla, bu noktalardan görüntünün sol ve sağına doğru ayırma noktalarının da belirlenmesi gerekmektedir. İlgili noktaları belirlemek için belirlenmiş ayırma noktalarının en sol ve en sağından aç gözlü arama yapılmıştır. Aç gözlü arama için her bir noktanın sütun komşuluğundaki en yakın satırlardaki 7 nokta belirlenir. Bu 7 noktadan en düşük parlaklık değerine sahip piksel yeni en sol ya da en sağ piksel olarak seçilir. Bu şekilde görüntünün soluna kadar devam edilir. Son olarak sağ ve soldan daraltılmış kısımlarda ayırma konumları seçilmiştir. Bu kısımlar çenelere denk geldiği için bir arama işlemi yapmak yerine en yakındaki ile aynı satırda devam edilerek görüntünün sonuna ulaşılmaktadır.

Kenar bölgelerde elde edilen noktalar daha önce belirlenen çene ayırma noktaları ile birleştirilir. Elde edilen bu toplam nokta verileri üzerinde yumuşatma yapılır böylece daha yumuşak geçişleri olan bir ayırma eğrisi elde edilmiş olur.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

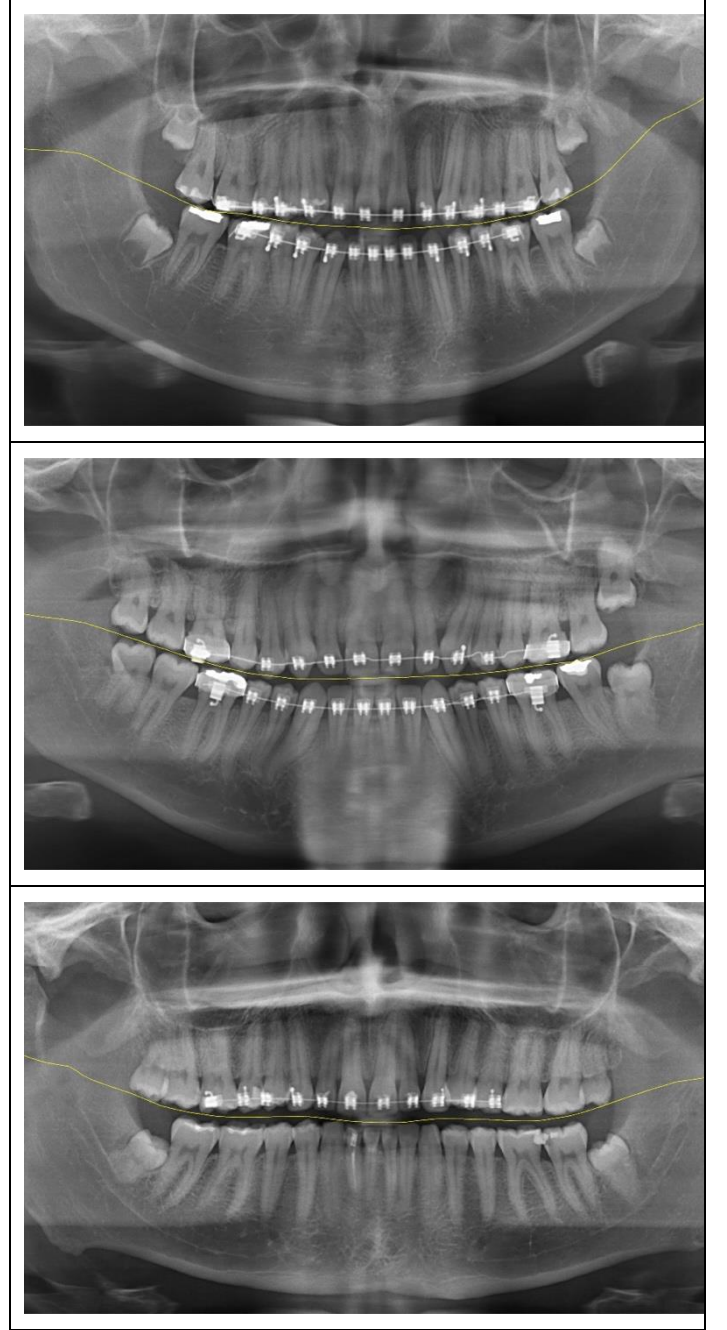
3.1. Deneysel Sonuçlar

Çalışmanın performans ölçümü için bir program hazırlanmıştır. Program Mac platformunda Matlab ortamında hazırlanmıştır.

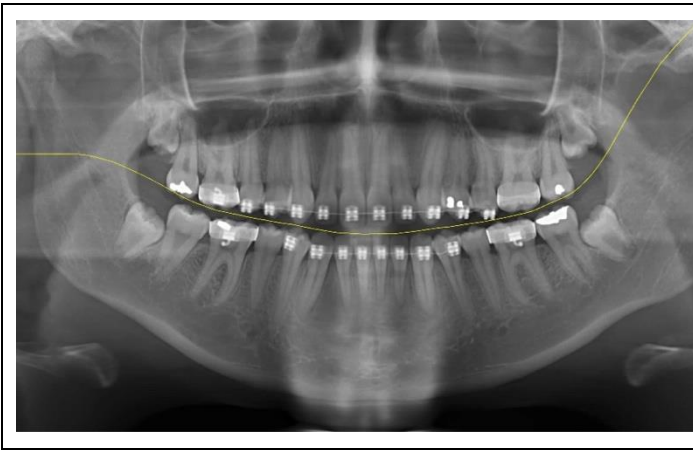
Programda çene ayırma eğrileri Şekil 8'deki gibi gösterilmiştir.

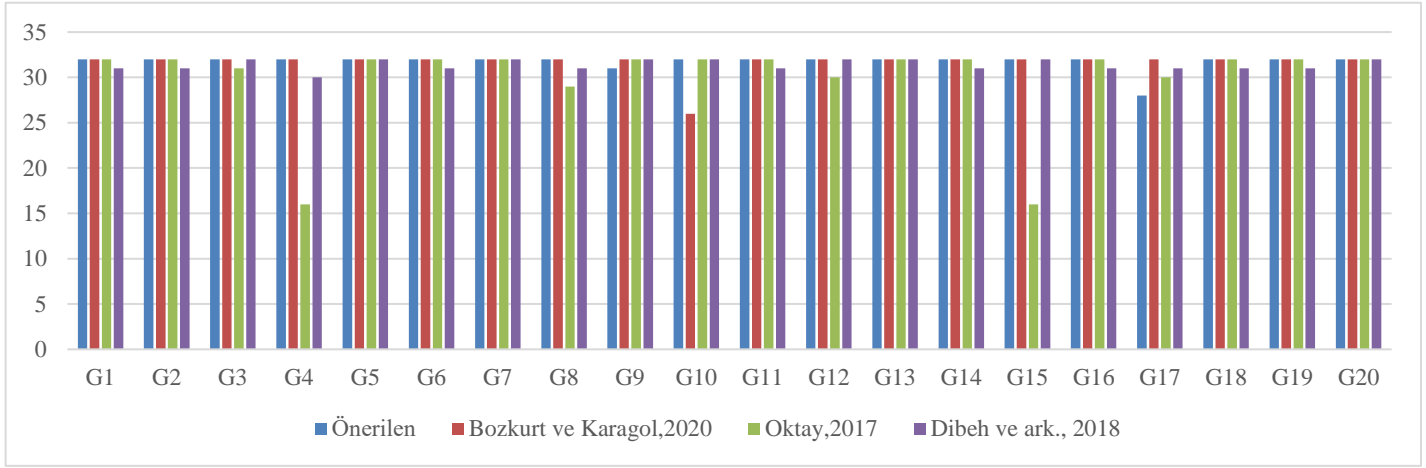
Çene ayırma işlemi sonucunda doğru şekilde ayrılmış olan diş sayılarının kıyaslanması ve doğruluk başarıları Şekil 9.'da verilmiştir.

Tablo 1.'de 32 adet dişin başarı ile ayrılma oranlarının ortalaması gösterilmiştir.



Şekil 8. Örnek çene ayırma sonuçları





Şekil 9. Çene ayırım işlemi sonucunda doğru şekilde ayrılmış olan diş sayılarının kıyaslanması

Tablo 1. Diş ayırım oranları ve doğruluk sonuçları

Çalışma	Önerilen	Bozkurt ve Karagöl, 2020	Oktay, 2017	Dibeh ve Ark. 2018
Ortalama (Maks:32)	31,75	31,7	30	31,4
Doğruluk	0,9921875	0,990625	0,9375	0,98125

3.2. Tartışma ve Gelecek Çalışma

Panoramik röntgen görüntüleri çene ve burun kemiği gibi farklı kısımlar içermektedir. Bu kısımlar yapıları nedeniyle farklı parlaklık düzeylerinde algılanırlar. Dokular nedeni ile oluşan gürültüler, ısırma diski ve kemikler arası boşluklar çene ve diş ayırma işlemlerini zorlaştırmaktadır. Önerilen yöntem çeneler arası ayırma çizgisini belirlemede ve belirlediği bölge çevresinde eşikleme yardımı ile çenelerarası boşluğa ait pikselleri oluşturmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde yöntemin diş telleri gibi parlak kısımlar içeren bölümlerde daha net şekilde ayırım yapabildiği görülmüştür. Ayırım doğrusu belirlenirken ısırma diski ve kemiklerden etkilenmemesi için parlaklık izdüşümü görüntünün yatayda 1/4-2/4 'lük dilimleri arasından elde edilmektedir. Bu sayede iyi bir ayırım konumu belirlenmeye çalışılmaktadır. Ancak ısırma diskinin bulunduğu bölgelerde ayırma doğrusunun çoğunlukla yukarıya yakın olmasına neden olmaktadır. Gelecek çalışmalarda görüntü birden fazla bölge üzerinde incelenerek daha iyi bir ayırma işlemi yapılacaktır.

4. Sonuç

Diş görüntülerinden kişi tanıma; diğer biyometrik özelliklerin kullanılamaz hale geldiği durumlarda, ölüm sonrası kişilerin tespiti için yapılmaktadır. Bu işlem bir adli diş uzmanı tarafından elle yapılmaktadır. Bilgisayar yardımı ile dental benzerliklerin ölçülmesi bu süreçte adli diş hekimine yardımcı olacaktır. Bilgisayar yardımı ile dental radyografi görüntülerinden kişi tanımanın anahtar aşamalarından birisi segmentasyon aşamasıdır. Segmentasyonun başarısı özellik çıkarımı ve eşikleme kısımlarının da başarısını etkileyeceğinden, yüksek başarı ile bölütleme önemlidir.

Bu çalışmada panoramik diş röntgen görüntülerinin bölütlenmesi için yeni bir çene ayırma yöntemi önerilmiştir. Çalışmada parlaklık projeksiyonunun belirli bir bölgede yapılarak bir ayırma doğrusu belirlenmiştir. Bu ayırma doğrusu etrafında eşikleme yaparak çene ayırma boşluğu bölgesi oluşturulur. Bu bölge ve ayırma doğrusu konularından yararlanarak en iyi ayırım eğrisi belirlenmeye çalışılmıştır. Son olarak kenar kısımlarda ayırım noktaları aç gözlü algoritma ile bulunmuştur.

Önerilen çalışma ile diğer çalışmalara göre daha yüksek doğruluk başarısı sunulmaktadır.

Kaynakça

- Pretty, I. A., & Sweet, D. (2001). A look at forensic dentistry–Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *British dental journal*, 190(7), 359-366.
- Silva, G., Oliveira, L., & Pithon, M. (2018). Automatic segmenting teeth in X-ray images: Trends, a novel data set, benchmarking and future perspectives. *Expert Systems with Applications*, 107, 15-31.
- Barboza, E. B., Marana, A. N., & Oliveira, D. T. (2012, March). Semiautomatic dental recognition using a graph-based segmentation algorithm and teeth shapes features. In 2012 5th IAPR International Conference on Biometrics (ICB) (pp. 348-353). IEEE.
- Nomir, O. (2012). Human Identification: A new x-Ray Dental Radiographs Segmentation Algorithm using Graphcut. *International Journal of Computers and Applications*, 34(2), 81-89.
- Jain, A. K., Chen, H., & Minut, S. (2003, June). Dental biometrics: human identification using dental radiographs. In

- International Conference on Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication (pp. 429-437). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Abdel-Mottaleb, M., Nomir, O., Nassar, D. E., Fahmy, G., & Ammar, H. H. (2003, December). Challenges of developing an automated dental identification system. In 2003 46th Midwest Symposium on Circuits and Systems (Vol. 1, pp. 411-414). IEEE.
- Jain, A. K., & Chen, H. (2004). Matching of dental X-ray images for human identification. *Pattern recognition*, 37(7), 1519-1532.
- Chen, H., & Jain, A. K. (2004, August). Tooth contour extraction for matching dental radiographs. In *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004.* (Vol. 3, pp. 522-525). IEEE.
- Bozkurt, M. H., & Karagol, S. (2020). Jaw and teeth segmentation on the panoramic X-ray images for dental human identification. *Journal of Digital Imaging*, 33(6), 1410-1427.
- Said, E. H., Nassar, D. E. M., Fahmy, G., & Ammar, H. H. (2006). Teeth segmentation in digitized dental X-ray films using mathematical morphology. *IEEE transactions on information forensics and security*, 1(2), 178-189.
- Ølberg, J. V., & Goodwin, M. (2016). Automated dental identification with lowest cost path-based teeth and jaw separation. *Scandinavian Journal of Forensic Science*, 22(2), 44-56.
- Frejlichowski, D., & Wanat, R. (2011, August). Extraction of teeth shapes from orthopantomograms for forensic human identification. In *International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns* (pp. 65-72). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dibeh, G., Hilal, A., & Charara, J. (2018, November). A novel approach for dental panoramic radiograph segmentation. In *2018 IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET)* (pp. 1-6). IEEE.
- Oktay, A. B. (2017). Human identification with dental panoramic radiographic images. *IET Biometrics*, 7(4), 349-355.



Hybrid Course Recommendation System Design for a Real-Time Student Automation Application

Alper Arık^{1*}, Savaş Okyay², Nihat Adar³

^{1*} Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, Eskişehir, Turkey (ORCID: 0000-0002-6542-6286), alperarik26@gmail.com

² Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, Eskişehir, Turkey (ORCID: 0000-0003-3955-6324), osavas@ogu.edu.tr

³ Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, Eskişehir, Turkey (ORCID: 0000-0002-0555-0701), nadar@ogu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.944596)

ATIF/REFERENCE: Arık, A., Okyay, S., & Adar, N. (2021). Hybrid Course Recommendation System Design for a Real-Time Student Automation Application. *European Journal of Science and Technology*, (26), 85-90.

Abstract

Recommender systems provide personalized suggestions by processing user and item information and interactions. Personalized product recommendations make it easier for users to access products that interest them. Course recommendation systems, on the other hand, aim to guide students to fields of interest in which they can succeed. On e-learning sites, there are many courses and students from different fields. Also, students can select courses from other than the fields they are studying. However, students in educational institutions must follow a curriculum. Since each educational institution has distinct constraints on course selection, a specific approach to the problem is required to develop a course recommender system. Due to the restrictive nature of the problem, developing a recommendation system for institutions is considered challenging. Therefore, students consult a faculty member when selecting a course for enrollment. In this study, a hybrid recommender system is proposed using student and course information with collaborative filtering and content-based filtering models. The proposed system provides consistent recommendations by using explicit and implicit data, without predefined association rules. The collaborative filtering algorithms use grades as rating values. The content-based filtering algorithms utilize text-based information about students and courses by converting them into feature vectors using natural language processing methods. In the combination phase of the hybrid recommender system, only one of the collaborative filtering and one of the content-based filtering models are used with different ensembling methods. It is found that the suggested hybrid recommender system can achieve outperforming results for all evaluation metrics. The results show the values of the rank-aware metrics Precision@N, AP@N, mAP@N, and NDCG@N for the individual models and the hybrid models with different combinations. In particular, for content-based filtering with Bayesian personalized ranking, the hybrid model performs better than any algorithm in practice.

Keywords: Course Recommendation System, Hybrid Recommender System, Collaborative Filtering, Content-Based Filtering.

Gerçek Zamanlı Öğrenci Otomasyon Uygulaması için Hibrit Ders Öneri Sistemi Tasarımı

Öz

Öneri sistemleri, kişi ve öge bilgilerini kullanarak ve birbirleriyle olan etkileşimlerini işleyerek kullanıcılara göre özelleştirilmiş öneriler sunmaktadır. Kişiselleştirilmiş ürün önerileri, kullanıcıların ilgilerini çeken ürünlere erişmelerini kolaylaştırmaktadır. Ders öneri sistemleri ise öğrencileri ilgilendikleri ve başarılı olabilecekleri alanlara yönlendirmeyi amaçlamaktadır. E-öğrenme sitelerinde farklı disiplinlerden çok sayıda kurs ve öğrenci bulunmaktadır. Bu durumun yanı sıra, öğrenciler eğitim aldıkları disiplinler dışındaki diğer alanlardan ders alabilmektedir. Buna karşın, eğitim kurumlarındaki öğrenciler ise önceden belirlenmiş bir müfredatı takip etmek zorundadır. Her eğitim kurumu, ders seçimi için farklı kısıtlara sahip olduğundan, ders öneri sistemi geliştirme problemine özel bir

* Corresponding Author: alperarik26@gmail.com

yaklaşım gerekmektedir. Problemin sınırlayıcı doğası gereği, eğitim kurumları için ders öneri sistemi geliştirilmesi zorlu bir alan olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, öğrenciler kayıt için ders seçerken bir öğretim üyesine danışmaktadırlar. Bu çalışmada, öğrenci ve ders bilgileri ile işbirlikçi filtreleme ve içerik tabanlı filtreleme modelleri kullanan hibrit öneri sistemi önerilmiştir. Sistem, önceden tanımlanmış ilişkilendirme kuralları olmadan, belirgin ve dolaylı verileri kullanarak tutarlı öneriler sunmaktadır. İşbirlikçi filtreleme algoritması, öğrencilerin notlarını değerlendirme skoru olarak kullanmaktadır. İçerik tabanlı filtreleme algoritması ise öğrenciler ve dersler hakkındaki metin formatında bulunan bilgileri, doğal dil işleme yöntemleri ile özellik vektörlerine dönüştürerek kullanmaktadır. Hibrit öneri sistemini oluşturma işleminde, işbirlikçi filtreleme ve içerik tabanlı filtreleme modellerinden birer tane seçilmiş ve farklı birleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Deneysel sonuçlarda ise, sunulan hibrit öneri sisteminin kendisini oluşturan algoritmalarından, tüm değerlendirme metriklerinde, daha başarılı sonuçlar elde edebildiği görülmüştür. Sonuç bölümünde, farklı kombinasyonlar ile oluşturulmuş hibrit modeller için Precision@N, AP@N, mAP@N ve NDCG@N sıralamaya duyarlı metrik değerleri gösterilmektedir. Özellikle, içerik tabanlı filtreleme ve Bayes kişiselleştirilmiş sıralamasından oluşan hibrit model, diğer tüm tekil modellerden daha iyi performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ders Öneri Sistemi, Hibrit Öneri Sistemi, İşbirlikçi Filtreleme, İçerik Tabanlı Filtreleme.

1. Introduction

After the spread of the *Big Data* concept, a large amount of unrelated data has accumulated, and search engines struggle to provide personalized results for users (Grechanik et al., 2010). Recommendation systems (RS) are designed to find relationships between users and items and filter personalized items according to users' previous preferences (Lu, Wu, Mao, Wang, & Zhang, 2015). Recommendations that attract users' attention make it easier for users to find the item they are looking for. RS is mainly used in e-commerce and provides successful results (Schafer, Konstan, & Riedl, 2001). Course recommendation, on the other hand, has not been widely researched and is considered challenging because each student takes a different set of courses in different semesters. Course recommendation systems (CRS) can help students to find appropriate courses and reduce the time to discover interesting fields. Since there are a variety of elective courses in each semester, students may spend too much time exploring, and they might overlook some courses that match their interests (Bhumichitr, Channarukul, Saejiem, Jiamthaphaksin, & Nongpong, 2017). In addition to helping students, CRS ensures that course quotas are balanced by indirectly discovering courses that do not have many students.

In RS, there is not much feedback data that belongs to users in general. In most problems, the number of users and items is too large, but users directly interact with a small number of items compared to the total number, and this problem is called *data sparsity* (Guo, 2012). In another variation of this problem, users who have just started using the application that uses an RS have no interaction with the items. Therefore, user preferences are uncertain, and this situation is called the cold start problem. In cases where the *cold start* problem occurs, users have no rating scores, and collaborative filtering algorithms that generate recommendations based on rating scores become non-functional (Hernando, Bobadilla, Ortega, & Gutiérrez, 2017). In such cases, content-based filtering models that do not use rating scores are used. Structures formed by combining different types of RS methods to avoid sparsity and cold start problems are called hybrid recommender systems (Burke, 2002).

In the literature, there are many studies on CRS for e-learning platforms using data mining methods and RS. Castro et al. (Castro, Vellido, Nebot, & Mugica, 2007) develop a system that uses data mining methods to classify students according to their course success, navigation information on the course selection website, and interactions with courses. Carmona et al.

(Carmona, Castillo, & Millán, 2007) attempt to learn personal course preferences from student actions, such as taking the course and completing homework assignments using machine learning methods. Considering the studies conducted for e-learning platforms, the studies on CRS for educational institutions are very few. Booker (Booker, 2009) develops a CRS, which takes the keywords of the users' interests and their current GPA scores as input. The system uses a content-based filtering model and does not evaluate information about students' grades. Bydžovská (Bydžovská, 2016) develops data mining algorithms to find other students who have taken similar courses and grades. After finding similar students, the system recommends the courses that one student has taken and the other student has not. Another situation that occurs in the development of RS for educational institutions is that the features in the open-source datasets provided by e-learning sites do not match the characteristics of educational institution data, such as a number of users who have dropped out of the course, users do not have occupation/department information, users do not have a common curriculum, and exam evaluations may differ.

In this study, a hybrid CRS is designed for a real-time student automation application with student and course information in the ESOGU course management system. The proposed system provides stable and bias-free recommendations by using both explicit and implicit data coherently, without predefined association rules. We solved this design problem from a recommendation perspective and created a hybrid RS, which consists of collaborative filtering and content-based filtering models. Instead of using memory-based methods in collaborative filtering models, model-based matrix factorization methods are used so that the prediction success is high and scalable. In the content-based filtering model, TF-IDF feature vectors are computed using the information of users and items in text form with natural language processing (NLP) methods. In the hybrid RS creation step, models are combined with the use of majority voting and weighted average methods. The system uses grades as ratings with student and course information to prevent data sparsity and cold start, which are common RS problems.

2. Material and Method

2.1. Dataset and Preprocessing

The dataset used in this study consists of 966 students and 187 courses extracted from ESOGU Computer Engineering Department. Fifty of them are elective courses. The dataset consists of course characteristics, student characteristics, and grades for each course taken by the students. The dataset

comprises the grades of student-course pairs, includes data between the years 2000-2021 and has a sparsity of 80.74%. Data between 2000-2019 is used as the training set, and data from 2020 is used as the testing set. Data from students who started their studies in 2020 and have no counterpart in the training set are ignored. Similarly, courses that offered for the first time in 2020 are not included in the test set. Considering the time-series nature of the data and the size of the training set, hold-out cross-validation is applied to the test set.

Grades earned by students in courses are used as ratings. Table 1 shows the preset numerical values of letter grades between 0-4 and scaled values between 1-5. Grades for courses that students do not take are assigned a value of 0. Courses with DZ letter grades that indicated students do not pass due to absence and non-credit courses are not included in the train set. Students may make interactions such as failing a course or retaking the course to improve the letter grade. In this situation, there is more than one letter grade between the student and the course. To solve this problem, we aggregate all the grades that the student has achieved in a course with a weighted sum.

Table 1. The Grading Scale with Numerical Values

Letter Grade	Numerical Value	Scaled Value
AA	4.0	5.0
BA	3.5	4.5
BB	3.0	4.0
CB	2.5	3.5
CC	2.0	3.0
DC	1.5	2.5
DD	1.0	2.0
FF	0.0	1.0

2.2. Recommender System Models

2.2.1. Content Based Filtering

Content-based filtering depends only on the prior information of the user and the items, which makes this model robust and avoids the cold start problem. For textual properties of items, raw text is used to create item profiles and user profiles. The TF-IDF method from information retrieval converts unstructured text into a vector structure, where each word is represented by a position in the vector, and the value measures how relevant a particular word (unigram/bigram) is to a text (Ramos, 2003). Since all items are represented in the same vector space model, it is used to calculate the similarity between texts (Bagga & Baldwin, 1998).

The data in the text format of the courses are course information forms whose contents are as follows: *course name*, *purpose*, *content*, *outcomes*, *resources*, and *weekly schedule*. There are variants of these properties of the courses in Turkish and English. These Turkish and English properties of the courses are preprocessed separately using NLP methods, and their features are extracted. In preprocessing, the text data is converted to lowercase and tokenized, and later punctuation and stopwords are removed. Finally, the lemmas of the words are obtained using part-of-speech tags (POS), and the TF-IDF values are calculated based on the obtained features. User profiles are created from the TF-IDF vectors belonging to the students' previous course information. In the prediction stage, the cosine similarity between the user profiles was calculated. The models are combined into a hybrid model in the final step, and the similarity values of each model are scaled between 0-1 and

called the recommendation strength. The cosine similarity value in the content-based filtering model is between 0-1, so it is used as the recommendation strength without any scaling operation. Previous courses taken by the student are filtered, and courses belonging to similar students are presented as recommendations. Depending on the available student data, different approaches can be developed. For example, students with similar GPAs and students with similar demographic characteristics, etc. can be used to find similarities between students.

2.2.2. Collaborative Filtering

Collaborative filtering models can be divided into two main categories: memory-based methods and model-based methods. The memory-based method uses previous user interactions to compute similarities between users based on the items they have interacted with (user-based approach) or similarities between computer items based on the users who have interacted with them (item-based approach). The memory-based method is easy to implement, but usually does not scale well for many users (Xue et al., 2005). Model-based matrix factorization models compress the user-item matrix into a low-dimensional representation in terms of latent factors. An advantage of this approach is that instead of dealing with a high-dimensional matrix containing a large number of missing values, it deals with a much smaller matrix in low-dimensional space. This feature handles the sparsity of the original matrix better than memory-based models. Also, the comparison of similarity on the resulting matrix is much more scalable, especially for large sparse datasets. Matrix factorizations are widely used and have repeatedly shown better accuracy than other methods, such as nearest-neighbor methods, which belong to memory-based models (Bell & Koren, 2007).

In this study, matrix factorization methods, alternating least squares (ALS), and Bayesian personalized ranking (BPR) are used in the collaborative filtering model. In the ALS algorithm, first, the item matrix is fixed, and the user matrix is solved. Then for each iteration, the user matrix is fixed, and the item matrix is solved. At each step, the cost function can either decrease or remain unchanged but never increase. Alternating between the two steps guarantees that the cost function will decrease until convergence. Similar to gradient descent optimization, it is guaranteed to converge only to a local minimum and ultimately depends on the initial values for the user matrix or the item matrix. Unlike gradient descent, ALS does not need to loop over each training case, which would be impractical, and can use parallelization (Koren, Bell, & Volinsky, 2009). ALS does not optimize its model parameters directly for ranking. Instead, it optimizes to predict whether an item will be selected by a user or not. However, the BPR optimization criterion involves pairs of items to create a personalized ranking function for each user. For this process, BPR approximates the area under curve (AUC) metric. Instead of calculating item scores, the user's log probabilities of selecting items are calculated, and a logistic function is used (Rendle, Freudenthaler, Gantner, & Schmidt-Thieme, 2012).

The numerical equivalent of students' letter grades is evaluated as implicit feedback and used as the rating value in the model. The courses that students do not take are expressed as 0, and the range of numerical letter grades is shifted from 0-4 to 1-5. The prediction scores are scaled to the range 0-1 to make the collaborative filtering model compatible with other models and referred to as recommendation strength as in the content-based

filtering model. During the training phase of the matrix factorization models, the hyperparameters such as latent feature factor, regularization and learning rate for BPR are tuned in different iterations. Root mean squared error (RMSE) is used for ALS, and AUC is used for BPR as the loss function. Item recommendations are generated using the dot product of the user-latent and item-latent matrices obtained as a result of training.

2.2.3. Hybrid Recommendation System

Hybrid recommendation systems combine two or more recommender models with different ensembling methods to overcome two traditional and top problems; cold-start and data sparsity (Çano & Morisio, 2017). In the hybrid modeling phase, the results of the recommender models are combined. Thanks to the hybrid model, the goal is to use the power of the community instead of using an individual model. In the popular Netflix competition, the winner used an ensembling method to implement a powerful collaborative filtering algorithm (Bell & Koren, 2007). In this study, ensembling is performed using majority voting and weighted average method. Majority voting is used for classification problems and averaging is used for regression problems in machine learning (Caruana, Niculescu-Mizil, Crew, & Ksikes, 2004). In RS, the recommendation strength can be considered as a continuous value as in regression and the hit rate as a discrete value as in classification. In majority voting, each model makes a prediction for each item in the test set, and the final prediction is the one that receives more than half of the votes, which is the model's recommendation. If none of the predictions receives more than half of the votes, the ensemble method cannot make a stable prediction for any item. In such a situation, the prediction with the most votes, even if it receives less than half of the votes, becomes the final prediction. This method is called plurality voting (Randhawa, Loo, Seera, Lim, & Nandi, 2018). In simple averaging, the average predictions for each item in the test set are calculated based on the strength of the recommendation. This method reduces overfitting and creates a smoother model. The weighted average is a modified version of simple averaging in which the recommendation strength of each model is multiplied by the coefficients alpha, beta, and gamma etc., by a sum of 1, and then their average is calculated (Sewell, 2008).

The proposed system uses students' grades as explicit data and course information as implicit data. These data types are used in collaborative filtering and content-based filtering,

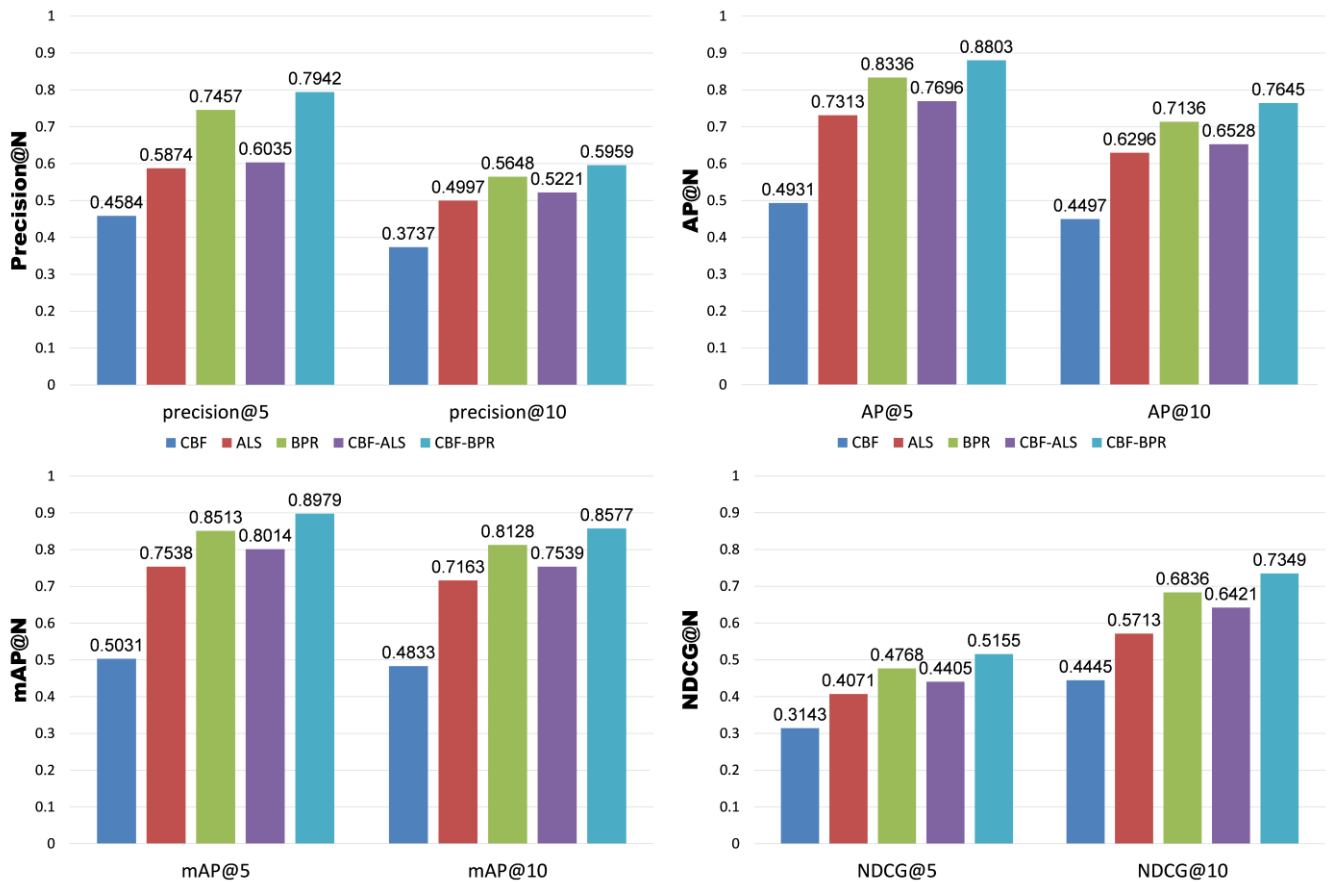
respectively. The utilization of both data types enables the proposed system to recommend courses more stable. Moreover, the system does not use predefined association rules and becomes free from general patterns such as trend data.

2.3. Evaluation

RS has a specific and primary concern; relevant items must rank high in the recommendation list. For this reason, rank-aware metrics are chosen. Rank-aware metrics consist of binary relevance-based metrics, which care about whether an item is good or not in a binary sense, and utility-based metrics, which care about the relative goodness of an item. Rank-aware metrics evaluate the entire list of recommended items up to a certain threshold N . The decision support metric Precision@ N computes the precision value for a subset of the N recommendations. The drawback of this metric is that it does not consider the recommendation list as an ordered list. Precision@ N considers the entire list as a set of items and treats all errors in the recommendation list equally. The goal is to weigh the errors at the top of the list heavily and then gradually decrease the importance of the errors as while moving to the lower items in a list. The metric of average precision (AP@ N) attempts to approximate this sliding weighting scale. It uses Precision@ N in successive sublists. Finally, the mean of the average precision for all users is calculated, and the mean average precision (mAP@ N) is obtained (McFee & Lanckriet, 2010).

The cumulative gain (CG) provides a basic measure of the accumulation of graded relevance and does not take into account the position of the items in the recommendation list. Discounted cumulative gain (DCG) adds a logarithmic reduction factor to penalize relevance scores proportional to the item's position. Users of RS are recommended a variable number of relevant items. Consequently, the DCG measure is not comparable between different systems and needs to be normalized. To overcome this problem, the ideal ranking for a user is determined and then used as the ideal discounted cumulative gain (IDCG) for normalization (Busa-Fekete, Szarvas, Elteto, & Kégl, 2012).

Figure 1. Model Results



3. Results and Discussion

In this study, the proposed method first takes user-item pairs for each user and for each item that the user interacted with in the test set. Then, M randomly selected items that the user never interacted with are taken from the training set. Items that have not been interacted with are assumed to be irrelevant to the user, but this is not necessarily true since the user may not be aware of these non-interacted items. Therefore, the recommendation model generates a ranked list of recommendations consisting of a set of one interacted item and M non-interacted items. Finally, the evaluation metrics for the ranked list are computed, and the results are aggregated for each user and interacted item in the test set pairs. Rank-aware metrics; Precision@N, AP@N, mAP@N, and NDCG@N results of all individual models and all hybrid models in different combinations are shown in Figure 1. Individual models consist of content-based filtering model and collaborative filtering model as ALS and BPR respectively. Hybrid models are CBF-ALS and CBF-BPR combinations that use majority voting as the ensembling method. In all rank-aware metrics, hybrid models are more successful than their individual models. The CBF-BPR hybrid model is more successful than the CBF-ALS hybrid model in terms of all evaluation metrics and becomes the best model overall. According to the difference between the top-5 and top-10 results, there is a decrease in Precision@N, AP@N, and mAP@N metrics and an increase in NDCG@N metric. Precision-based metrics are probably not relevant as more items are evaluated and scores have decreased. On the other hand, scores increase due to the CG, when the number of evaluated items in the NDCG@N metric increases.

Finally, for the precision-based metrics from Precision@N to mAP@N, an increase in top-5 and top-10 scores is observed, as expected, because the scores are evaluated cumulatively.

4. Conclusion

In this study, we designed a solution from the recommendation perspective for the course selection problem. The proposed system evaluates the implicit data of the students and integrates the attributes of the items into the system. We created collaborative filtering and content-based filtering models. Majority voting and weighted average are used as ensembling methods to combine individual models into a hybrid model. Suggested hybrid RS uses students' grades as explicit data and course information as implicit data. Through this feature, the hybrid RS recommends courses without bias. Furthermore, the system does not use generalized behavioral patterns and becomes free from common information such as course popularity. Finally, we observed that the succession rate of the hybrid models are increased. RMSE metric is used in training the ALS model and AUC metric is used as loss function in training the BPR model. In general, we performed the evaluation of all models with the test set using the rank-aware metrics Precision@N, AP@N, mAP@N, and NDCG@N. The CBF-BPR hybrid model, which uses majority voting as the ensembling method, gives the highest result in each rank-aware metric as the most successful model. As a result, we built a hybrid recommender system that can overcome sparsity, cold start, and scalability problems.

For future work, more detailed models using course evaluation questionnaires, various grade scaling methods, and course success thresholds can be used. Finally, the hybrid RS model can be combined with different ensembling methods, such as algorithm prioritization with cascading and dedication of certain items in the output of the recommender with business rules.

References

- Bagga, A., & Baldwin, B. (1998). *Entity-Based Cross-Document Coreferencing Using the Vector Space Model*. Paper presented at the 36th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 17th International Conference on Computational Linguistics, Volume 1.
- Bell, R. M., & Koren, Y. (2007). Lessons from the netflix prize challenge. *Acm Sigkdd Explorations Newsletter*, 9(2), 75-79.
- Bhumichitr, K., Channarukul, S., Saejiem, N., Jiamthaphaksin, R., & Nongpong, K. (2017, 12-14 July 2017). *Recommender Systems for university elective course recommendation*. Paper presented at the 2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE).
- Booker, Q. E. (2009). A student program recommendation system prototype. *Issues in Information Systems*, 544-551.
- Burke, R. (2002). Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User modeling and user-adapted interaction*, 12(4), 331-370.
- Busa-Fekete, R., Szarvas, G., Elteto, T., & Kégl, B. (2012). *An apple-to-apple comparison of learning-to-rank algorithms in terms of normalized discounted cumulative gain*. Paper presented at the ECAI 2012-20th European Conference on Artificial Intelligence: Preference Learning: Problems and Applications in AI Workshop.
- Bydžovská, H. (2016). Course Enrollment Recommender System. *International Educational Data Mining Society*.
- Çano, E., & Morisio, M. (2017). Hybrid recommender systems: A systematic literature review. *Intelligent Data Analysis*, 21(6), 1487-1524.
- Carmona, C., Castillo, G., & Millán, E. (2007). *Discovering student preferences in e-learning*. Paper presented at the Proceedings of the international workshop on applying data mining in e-learning.
- Caruana, R., Niculescu-Mizil, A., Crew, G., & Ksikes, A. (2004). *Ensemble selection from libraries of models*. Paper presented at the Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning.
- Castro, F., Vellido, A., Nebot, A., & Mugica, F. (2007). Applying data mining techniques to e-learning problems. In *Evolution of teaching and learning paradigms in intelligent environment* (pp. 183-221): Springer.
- Grechanik, M., Fu, C., Xie, Q., McMillan, C., Poshyvanyk, D., & Cumby, C. (2010). *A search engine for finding highly relevant applications*. Paper presented at the Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering-Volume 1.
- Guo, G. (2012). *Resolving data sparsity and cold start in recommender systems*. Paper presented at the International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization.
- Hernando, A., Bobadilla, J., Ortega, F., & Gutiérrez, A. (2017). A probabilistic model for recommending to new cold-start non-registered users. *Information Sciences*, 376, 216-232.
- Koren, Y., Bell, R., & Volinsky, C. (2009). Matrix factorization techniques for recommender systems. *Computer*, 42(8), 30-37.
- Lu, J., Wu, D., Mao, M., Wang, W., & Zhang, G. (2015). Recommender system application developments: a survey. *Decision Support Systems*, 74, 12-32.
- McFee, B., & Lanckriet, G. R. (2010). *Metric learning to rank*. Paper presented at the ICML.
- Ramos, J. (2003). *Using tf-idf to determine word relevance in document queries*. Paper presented at the Proceedings of the first instructional conference on machine learning.
- Randhawa, K., Loo, C. K., Seera, M., Lim, C. P., & Nandi, A. K. (2018). Credit card fraud detection using AdaBoost and majority voting. *IEEE Access*, 6, 14277-14284.
- Rendle, S., Freudenthaler, C., Gantner, Z., & Schmidt-Thieme, L. (2012). BPR: Bayesian personalized ranking from implicit feedback. *arXiv preprint arXiv:1205.2618*.
- Schafer, J. B., Konstan, J. A., & Riedl, J. (2001). E-commerce recommendation applications. *Data mining and knowledge discovery*, 5(1-2), 115-153.
- Sewell, M. (2008). Ensemble learning. *RN*, 11(02), 1-34.
- Xue, G.-R., Lin, C., Yang, Q., Xi, W., Zeng, H.-J., Yu, Y., & Chen, Z. (2005). *Scalable collaborative filtering using cluster-based smoothing*. Paper presented at the Proceedings of the 28th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.



Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kablosuz Taşınabilir EKG Cihazı

Bircan Çiftçi^{1*}, Zeynep Şen², Mustafa Alper Akkaş³

^{1*} Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2380-2175), bircan.1997898@gmail.com

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8319-5063), zeynepsen0698@gmail.com

³ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0185-0464), alperakkas@ibu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.949795)

ATIF/REFERENCE: Çiftçi, B., Şen, Z. & Akkaş, M. A. (2021). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kablosuz Taşınabilir EKG Cihazı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 91-95.

Öz

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte kablolu ve kablosuz olarak internet yoluyla verilerin gönderilmesi sağlanmıştır. Bu gelişmeler ile ortaya çıkan nesnelerin internetinin (Nİ) en önemli alanlarından biri de sağlık alanıdır. Sağlık alanındaki çalışmalar giyilebilir teknolojiyi ortaya çıkarmıştır. EKG (Elektrokardiyografi), kalp hücreleri tarafından üretilen ve kalbin çalışmasını sağlayan elektriksel aktivitenin kaydedilip analiz edilmesi işlemine denir. Hastanelerdeki mevcut EKG cihazlarında, hastalardan alınan sinyaller kablolar vasıtasıyla monitöre aktarılmaktadır. Bu çalışmada, hasta ile monitör arasında var olan kablo bağlantısını ortadan kaldırarak kablosuz bir elektrokardiyogram cihazının tasarımının yapılması amaçlanmıştır. Tasarladığımız EKG cihazı ile covid şartlarından dolayı hastaneye gidemeyen kişilerin uzaktan takibi yapılabilecek ve günlük hayatta hastaların izlenimi gerçekleştirilebilecektir. AD8232 Kalp Hızı Ölçer ve vücuda bağlanan Holter Cihazı ile alınan veriler, gözlem altındaki kişinin sağlık koşullarını analiz etmek için kullanılabilir. Bu çalışmada kalp atış hızı ölçmek için Arduino mikrodenetleyicisini Android işletim sistemine sahip bir telefon ile birleştirdik. Sinyallere ulaşabilmek için AD8232 Kalp Hızı Monitörü kullanarak, HC06 bluetooth sensörü ile telefonumuza sinyalleri gönderdik. Ayrıca nabız sensörü ile Arduino arasındaki bağlantıyı gerçekleştirerek hastanın nabız ölçümünü sağladık. Çalışmanın ara yüzünü oluşturabilmek ve alınan değerleri ekranımıza yansıtılabilmek için MIT App Inventor programını kullandık.

Anahtar Kelimeler: Nİ, EKG, Arduino, App Inventor, Sağlık Hizmetleri, Mobil Uygulama, Nabız.

Internet of Things Based Wireless Portable ECG Device

Abstract

With the development of technology, it has that data can via the internet sending as wired and wireless. One of the most important areas of the Internet of Things that emerged with this development is the field of health. Studies in the field of health have revealed the wearable technology. ECG (Electrocardiography) is the process of recording and analyzing the electrical activity produced by the heart cells and enabling the heart to work. In the existing ECG Devices in hospitals, the signals received from the patients are transferred to the monitor via cables. This work, patient and monitor exist between annihilate wiring purpose cordless an electrocardiogram device desing. Our desing ECG device covid conditions people who cannot go to hospital distant follow up can do and daily life patients is impression realizable. AD8232 heart rate meter and body worn Holter device is data received keep under person health conditions can use analyzation. This works heart pulse rate for gauge Arduino microcontroller defragment Android operating system. Signals to reach are able to AD8232 heart rate monitor use, HC06 bluetooth with detecting element our mobile phone send signals. In addition, we performed Arduino with the pulse sensor and provided the measurement of the received pulse. We use the MIT App Inventor Program to create the interface of the work and to reflect it on our screen.

Keywords: IoT, ECG, Arduino, MIT App Inventor, Health Services, Mobile App, Pulse.

* Sorumlu Yazar: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2380-2175), bircan.199798@gmail.com

1. Giriş

Nİ ile insanlığın devamı için en önemli konu olan sağlık birleştirilerek güçlü çözümler ortaya çıkarılmak istenmiştir. Bunun için Nİ'de bulunan birçok sensörün insan ile birleşimi amaçlanmıştır. Sensörlerin taşınabilir boyutta olması konusunda çalışmalar yapılmıştır. Nİ kavramının uygulama alanlarında olan giyilebilir teknoloji ile sağlık sektörü bir araya getirilmiştir (Akleyek, Kılıç, Söylemez, Aruk ve Aksaç, 2020). Giyilebilir teknoloji sayesinde kişi günlük yaşamında sorun yaşamadan, hareket kısıtlaması olmadan tıbbi verilerin uzun süreli kayıt altına alınması, bu verilerin bir sunucuya aktarılması ve acil durumlarda uyarı verilerle ilgili kurumların harekete geçirilmesi sağlanmıştır (İlhan, 2016). Kablosuz haberleşme teknolojisi ile uzaktan sağlık izleme ve tele-tıp konusunu ve giyilebilir uzaktan sağlık izleme sistemlerinin gelişmesini sağlamıştır (Binkley, 2003).

Dünyada kalp rahatsızlığı yüzünden binlerce insan hayatını kaybetmektedir. Avrupa ülkeleri arasında ülkemiz ilk sırada yer almaktadır (Arslan ve Tankut, 2018). Kalp ve damar hastalıklarının sigara, hipertansiyon, kan yağları, aileden gelen kalıtsal kalp rahatsızlığı, obezite, diyabet gibi tehlikeli unsurlara bağlı olarak ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu rahatsızlıkların beraberinde getirdiği ölüm oranlarını azaltmak için Elektro Kardiyograf cihazı yapılmıştır. Bu cihaz ile kalpte oluşan elektriksel aktiviteler gözlemlenmektedir ve alınan veriler ile kalpte görülen hastalıklar önceden tespit edilip gerekli önlemler alınabilmektedir. EKG cihazı ile kalbin akış hızı ve nabızı kolay bir şekilde ölçülebilmektedir. EKG cihazı sağlık ocağı, hastane gibi kurumların kalbin izlenimi ve hastalığın teşhisi için kullanılmaktadır (Kurban, 2006). Hastalıkların belirlenmesi için nabız değerlerinin ölçümü de önem taşımaktadır. Kalp krizi tanısında takibi tutulması gereken bir faktördür (Göktaş ve Yağanoğlu, 2020).

Kalp tarafından üretilen ve beden yüzeyine iletilen elektriksel işaretler EKG holterleri ile kollara, bacaklara ve göğüs üzerindeki belli yerlere yerleştirilen elektrotlar yardımıyla oluşur (Ekmekci ve Ergün, 2017). Bu sensörlerden elde edilen veriler kaydedilir. EKG sinyali birçok kalp hastalıklarının erken teşhisinde kullanılmaktadır (Kurban, 2006). Elde edilen EKG sinyalleri Arduino UNO üzerinde bulunan Analog/Dijital çevirici ile sayısallaştırılıp, bluetooth ile cihaza gönderilmiştir (Şenyer Yapıcı, Işık ve Uzun, 2018). Bluetooth modülü (HC-06) kullanılarak donanım ile yazılım arasında bağlantı kurulmuştur. Tasarlanmış olan donanım ile insan vücudundan alınan nabız ve EKG değerleri bluetooth yardımıyla tasarlanan Android uygulamaya aktarılmıştır (Yalman, Coşkun ve Haşiloğlu, 2015).

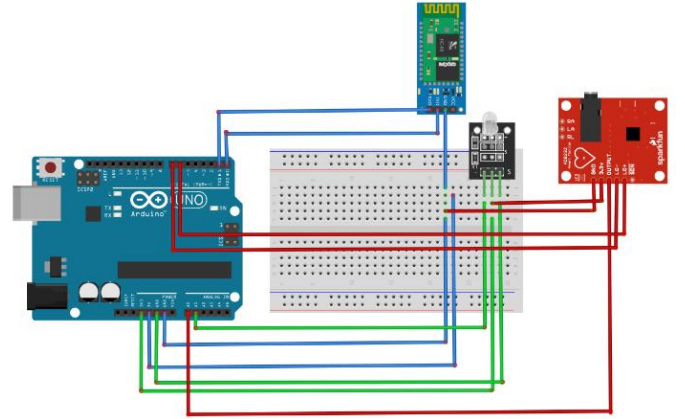
T.K. Kho ve arkadaşları, EKG ile bluetooth teknolojisini birleştirerek izleme sistemi geliştirilmiştir. Sistemde EKG cihazından alınan veriler bilgisayara bluetooth yoluyla gönderilmiştir ve Arduino UNO programında grafiksel olarak gösterimi sağlanmıştır. Böylece hastaların istedikleri yerde istedikleri zaman kendi kontrollerini yapabilmelerine olanak sağladığını göstermişlerdir (Kho, Besar, Tan, Tee ve Ong, 2005). S. Can, bluetooth ile EKG verilerini cep telefonuna iletilmesini sağlamıştır (Can, 2010). Benzer bir uygulama ise A. M. Nasrabadi ve M. H. Kani, vücuttan alınan EKG sinyallerini bluetooth modülü ile telefona göndermeye çalışmışlardır (Konuk, 2014). Yapılan bu çalışmada verilen bilgisayar dışında telefonda gösterimi sağlanmış, tasarlanan uygulama ile veriler doktora iletilmiştir. Kalp atım hızı kilo, yaş etmenlerine veya

kalp yetmezliği, guatr gibi hastalıklara göre değişebilmektedir. Bu çalışmaya nabız sensörü ekleyerek birçok hastalığın tedavisi olarak EKG cihazı kullanılmıştır. Bu çalışma ile kalp hastalarına faydalı olmak, onları güvende ve rahat hissettirmek, acil durumlarda müdahale edilebilme olasılığının artırılması sağlanmaya çalışılmıştır.

Covid-19 vb. salgın hastalıkların yayılmasıyla birlikte hastaların hastanelere erişimi zorlaşmaktadır. Kablosuz haberleşme ile birlikte uzaktan hastanın sağlık durumunu izleme ve değerlendirme konusunun öneminin artmasıyla düşük maliyetli ve kablosuz taşınabilir sağlık izleme cihazlarının gerçekleştirilmesini sağlamıştır (Türker ve Kutlu). Projemizde de günlük takibinin yapılması gereken hastalar için EKG verileri sürekli olarak uygulama aracılığıyla izlenilmektedir. Bu sayede hastanın EKG sinyalinin sürekli olarak takibi App Inventor ile telefon için oluşturduğumuz uygulama aracılığıyla izlenebilmektedir.

2. Materyal ve Metot

Seri haberleşme uygulamaları için kullanılan Bluetooth, Arduino ile birlikte EKG ve nabız verilerinin tasarlanan uygulamada görüntülememize yardımcı olacaktır. EKG çipi olarak kalp hızını ölçeceğimiz, analog sinyali grafik haline dönüştürebileceğimiz veya biyopotansiyel ölçümler yapabileceğimiz AD8232 sensör kartını kullandık. AD8232 sensör kartına EKG holterlerini, EKG holterlerini de kullanıcının vücuduna belirli şekillerde yerleştirerek ölçümlerin yapılması sağlanmış olacaktır. Hasta parmağına KY-039 nabız sensörünü takarak nabzının ölçülmesi sağlanacaktır. EKG ölçümünün yanında sadece nabzın ölçülmesi bile hastalık belirtisi olarak doktora bildirilebilecek ve erken teşhis ile birçok hayat kurtarılacaktır.



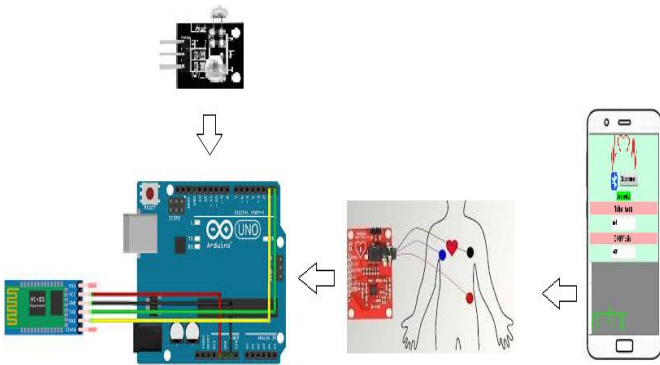
Şekil 1. Sistemin Breadboard Üzerinde Kurulumu

Devre kurulumu yapılırken kullanışlı, uygun maliyetli materyaller seçilmiştir. EKG cihazı her türlü kalp hastalıklarının tedavisinde kullanılan bir cihazdır. Maddi açıdan her insana hitap eden bu cihaz, seri üretim ile birlikte fiyatı düşücektir. Daha çok insanın kullanımına imkân sağlayacak ve erken teşhis ile birçok insanın hayatını kurtarmaya yardımcı olacaktır. Malzemeler insanların taşıyabileceği ağırlıkta seçilmiş, cihazı kullanan kişi için zorluk çıkartmayacak ve risk taşımayacak şekilde düzenlenmiştir. Cihazı taşırken kullanılan kabloların azlığı ile kullanan kişi günlük hayatında rahat edebilecek, konforlu muayene süreci geçirebilecektir.

Tablo 1. Maliyet Değerlendirmesi

Materyaller	Fiyat
Arduino Uno R3	56,95 TL
Arduino AD8232 EKG Sensör Takımı	72,88 TL
HC06 Bluetooth- Serial Modül Kartı	32,89 TL
Jumper Kablo	5,60 TL
Breadboard	11,78 TL
EKG Elektrodu	34,96 TL
Parmak Nabız Ölçer Sensör	12,18 TL

Devre kurulumunun ardından çalışmanın tasarlanması için Android uygulama geliştirilmesini sağlayan MIT App Inventor programını kullandık. Arduino IDE programında yazdığımız komutlar ile Arduino üzerinde bağlantısını kurduğumuz EKG verilerini ve nabız değerlerini alıp, Android uygulama üzerinde bluetooth ile bağlantısını gerçekleştirdik. App Inventor yardımıyla oluşturduğumuz EKG cihazının kullanım uygulaması; acil durumlara karşı yardımcı olacak acil arama butonlarının kullanımı için cihazın arama bölümü, konum bilgisi için Google Maps, dosya gönderimi veya acil durum bildirimini için Whatsapp gibi uygulamalara erişimi sağlayarak tasarlanan projenin çok amaçlı kullanılabilmesini sağlamaktadır.

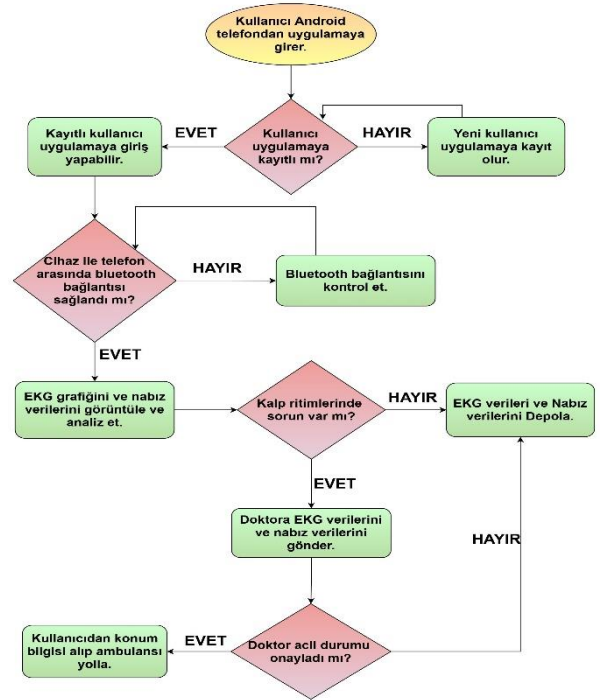


Şekil 2. Sistem Görünümü

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

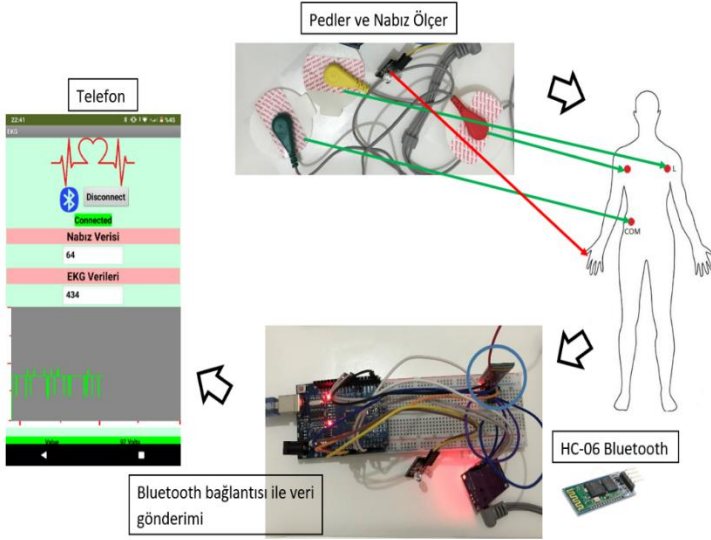
Nİ, nesnelerin birbirleriyle bilgileri paylaşarak görme, duyma, düşünme, konuşma imkânı sağlamak ve gömülü cihaz vb. teknolojilerin bir sistemden akıllı bir sisteme dönüşmesi demektir (Çakır, Aytekin ve Tüminçin, 2018). Nİ uygulama alanlarından giyilebilir teknoloji işlerimize hız kazandıracak ve daha kolay bir şekilde yerine getirebilmemizi sağlayacaktır. Sağlık alanında ise hastane hizmetlerinin eksikliği gibi yaşanan zorluklar insanları taşınabilir giyilebilir teknolojiye yönlendirmiştir (Çakır, Aytekin ve Tüminçin, 2018). Hastaneler gerek yoğunluk gerek hastalıklar açısından insanların bulunmak istemediği yerlerden biridir. Durumu ağır olmayıp kontrol altında olunması gereken ve bu yüzden hastanelerde tutulan hastalar hep bu soruna çözüm arayışında olmuşlardır. Bu konuda Nİ hayatımıza ışık tutmaktadır.

Kablosuz taşınabilir EKG cihazı, hastaların kendi yaşam çevresinde kontrollerinin yapılabilmesi için tasarlanmıştır. Tasarlanan cihazın boyutunun küçük olması, farklı ortamlara taşınmasını kolaylaştırmıştır. Sağlık personelinin ve hastanın karşılaştığı ortamdaki kablo karışıklığı, hareket alanının kısıtlanması, hastane ortamındaki yoğunluk, hastaların günlük hayattaki yaşamsal faaliyetlerinin engellenmesi bu cihaz sayesinde ortadan kaldırılmıştır. Doktorun ilk muayesine göre belirtilen zaman aralığı gün veya haftalarca olabilir. Covid-19 nedeniyle hastanelerde muayene olmak zorlaştı. Günlerce haftalarca muayene olması gereken biri için hastanelerdeki yatakları doldurmak yerine hastaların kendi ortamlarında muayene olup, her tür hastalığın bulunabildiği hastanelerden uzak olmak hasta açısından daha güvenilir olacak ve daha doğru sonuç elde etmeyi sağlayacaktır. Sonuçların doktora iletilip analiz yapılmasıyla, acil müdahale gereken durumlar önceden tespit edilebilecektir.



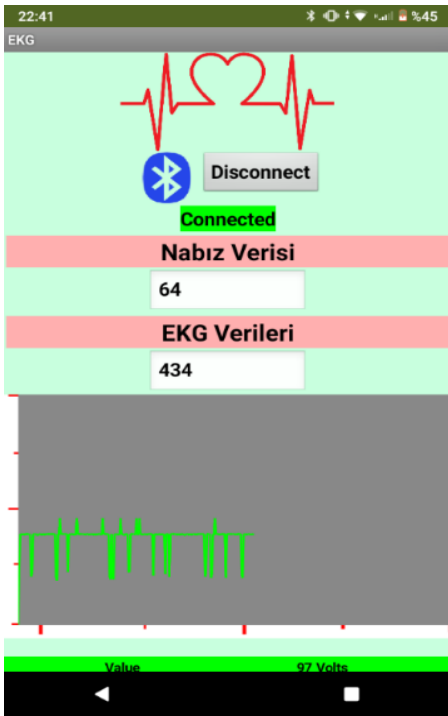
Şekil 3. Akış Diyagramı

Android ara yüzü hazırlanan bu cihaz için öncelikle breadboard üzerinde devre kurulumu gerçekleştirilmiştir. Arduino IDE programında HC-06 Bluetooth, AD8232 kalp hızı ölçer ve KY-039 parmak nabız ölçer sensör değerlerinin bir arada tutulması sağlanmıştır. Şekil 4'de görüldüğü gibi bluetooth yardımı ile MIT App Inventor'da tasarlanan uygulama arası bağlantı kurulmuş ve veri aktarımı sağlanmıştır. EKG verilerini sistemde gösterebilmek için kullanıcı vücuduna yerleştirilmek üzere üç elektrot kullanılmıştır. EKG verilerinin ölçülmesi büyük hassasiyet istemektedir. Devrenin doğru kurulumu ile birlikte elektrotların insan vücuduna yerleştirilmesi de dikkatli olunması gereken konulardan biridir. Nabız sensörü hastanın parmağına takılarak nabızın ölçülmesi sağlanır. Elektrotların ve nabız sensörünün vücuda bağlanması ile birlikte veriler Arduino UNO'ya aktarılır. Arduino'ya aktarılan veriler MIT App Inventor programında hazırlanan uygulamaya gönderilerek verilerin okunması sağlanır.



Şekil 4. Bluetooth Bağlantısı ile Android Uygulamaya Veri Gönderimi

EKG cihazları hastanın tedavisine, hastalığına bağlı olarak belli süre zarfında takılı kalabilmektedir. Hastalık belirtilerine göre değişen bu zaman aralığı doktor tarafından belirtilip, önerilen süre boyunca takılı kalmaktadır. Cihazın kullanımında dikkatli olunmalıdır. Doğru sonuç elde edebilmek için cihazın ıslanmamasına, darbe almamasına dikkat edilmelidir. Okunan değerler ara yüzde grafik ile gösterilirken EKG verileri ve nabız verileri dosya içinde tutulur. Verilerin depolandığı bu dosya doktora ulaştırılarak kontrollerin yapılması sağlanmaktadır. Bulut içerisinde doktorun istediği zaman aralığı boyunca tutulan bu dosya doktor tarafından analiz edilmektedir.

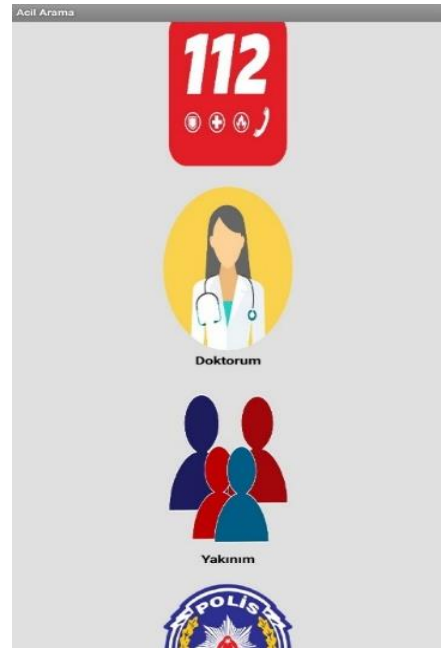


Şekil 5. EKG Ara Yüzünden Örnek

App Inventor'da tasarlanan uygulamanın EKG ara yüzü Şekil 5'te verilmiştir. Doktor, hastanın belirtilerine göre günlerce haftalarca veya aylarca EKG cihazının taşınmasını isteyecektir.

Kablo karışıklığının engellenmesi ve materyallerin hafif olmasıyla birlikte hasta cihazı taşırken zorluk çekmeyecektir. Doktorun verdiği süre zarfında hastanın günlük aktivitelerini yaparken kullandığı EKG cihazı, bu süre boyunca kayıt yapacak ve verilerin uygulamaya iletilip dosya içerisinde tutulmasını sağlayacaktır. Veriler sayısal şekilde dosyada depolanmaktadır. Depolanan veriler hastalığın teşhisi için belli aralıklarda oluşan nabızdaki değişiklikler depolanma sayesinde günlük hayatta incelenebilmektedir. Elde edilen sayısal ve grafiksel veriler doktor muayenesi sırasında hastalığın doğru tespit edilip, doğru tedavi uygulanmasına yardımcı olacaktır. Hastane ortamında muayene edilen hastalarda görülmeyen belirtiler bu cihaz sayesinde günlük hayatta kontrol edilebilecek ve erken teşhis konulmasına yardımcı olacaktır. Bu cihaz sayesinde birçok hayat kurtulacak, yeni başlangıçlara kucak açacaktır.

Acil durumlarda hasta uygulamada yer alan konum sekmesine girerek olduğu konumu doktora gönderebilir ve acil olarak müdahale edilmesi sağlanabilmektedir. Yaşlı, engelli insanların karışık telefon içerikleri kullanma zorluğundan dolayı Şekil 6'da görüldüğü gibi uygulamada yer alan acil arama kısmının olması hastaların hayatlarının saniyeler ile kurtarılması amacını gerçekleştirmektedir. Hastane ortamı gibi bir ortam olmadan hastaların doğal yaşam yerlerinde rahat bir şekilde tedavi edilmesi hastalar açısından motive edici olacak ve acil bir durumda hemen müdahale edilecek olması hastaların kendilerini güvende hissetmelerini sağlayacaktır.



Şekil 6. Acil Arama Ara Yüzünden Örnek

4. Sonuç

Nİ adı altında gerçekleşen çalışmalarının sağlık alanında artmasıyla birlikte giyilebilir teknoloji yönünde de çalışmalar hızla artmaktadır. Sağlık alanında yapılan çalışmalardan biri olan EKG cihazı, hasta konforunu sağlamak, belirtisi nadir olan hastalıkları teşhis etmek, hastaları her koşulda muayene edebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Covid-19 nedeniyle insanlar hastaneye gitmeye çekinir hale geldi. Kolay atlatılabilen hastalıklar için hastalar hastaneye gitmeyip evlerinde kendi yöntemleriyle tedavi olurken kalp hastaları için hastaneye gitmek zorunlu oldu. Bulduğumuz koşulların etkisiyle

tasarladığımız EKG cihazı, evde ölçüm yapılmasının sağlanmasıyla hayatı kolaylaştırmış ve hastane ortamındaki virüse karşı önlem almamızı sağlamıştır. Doktorun tavsiye ettiği süre zarfında günlerce haftalarca vücutta takılı halde kalan bu cihaz, hastane ortamında kalmayı zorunlu hale getirmeyerek hastalara yardımcı olmuştur. Hastalar yerli olan bu cihaz ile günlük yaşantısına devam ederken aynı zamanda muayeneyi de gerçekleştirmiştir. Taşınabilir cihaz sayesinde hastalıkların kısa sürede teşhis edilmesi sağlanmış ve acil durumların oluşması azaltılmıştır. Uygulamadaki bölümler her yaş aralığındaki hastalar için kullanımı basit olacak şekilde yapılmış ve maddi açıdan her hastanın dostu olarak tasarlanmıştır. Bir saniyenin önemini bilerek hastaların hayatını kurtarmak cihazın kullanım amaçlarından biridir. Hem kontrol amaçlı hem de hayat kurtarıcı bu cihaz, hastalığın getirdiği psikolojiyi de olumlu yönde etkileyecek ve acil durumlara karşı kullanıcılara güven verecektir. Kardiyoloji doktoru veri tabanında tutulan kayıtlar ile hasta hakkında bilgiye ulaşılabilecektir. Bununla birlikte ilerde oluşabilecek hastalıklara karşı önlemler alınacak hastanın yaşam kalitesi arttırılacaktır.

5. Teşekkür

Çalışmamızda katkısından dolayı hocamız Sayın Doç. Dr. Nihat Daldal'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akleyek, S., Kılıç, E., Söylemez, B., Aruk, T., E. ve Aksaç, C. (2020). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Sağlık İzleme Sistemleri Üzerine Bir Çalışma. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(5), 80-89.
- Arslan, İ., Tankut, F. (2018). Taşınabilir Elektrokardiyografi Cihazı Yapımı. *Biyomedikal Mühendisliği Bölümüne Sunulan Bitirme Projesi Raporu*, Lefkoşa.
- Binkley P.F. (2003). Predicting The Potential of Wearable Technology. *Engineering in Medicine and Biology Dergisi*, 22(3), 23-27.
- Can, S. (2010). EKG İşaretlerinin Cep Telefonu ile İletilmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara.
- Dinçer Ekmekci, H., Ergün, Doç. Dr. U. (2017). e-Health Kalkan ve Arduino Kullanılarak çoklu Fizyolojik İşaretlerin Bilgisayar Ortamında Görüntülenmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Göktaş, M. E. ve Yağanoğlu, M., (2020). Veri Bilimi Uygulamalarının Hastalık Teşhisinde Kullanılması: Kalp Krizi Örneği. *Bilişim Sistemleri Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 26-32.
- İlhan, İ. (2016). Mobil Cihaz Kontrollü EKG Holteri. *Mühendislik Dergisi*. 8(1), 101-110.
- Kho, T. K., Besar, R., Tan, Y. S., Tee, K. H. ve Ong, K. C. (2005). Bluetooth-enabled ECG Monitoring System. IEEE Region Ten Conference, Melbourne, Qld., 1-5.
- Konuk, A. (2014). EKG Sinyallerinin Bluetooth ile İletilmesi. *Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümüne Sunulan Bitirme Projesi Raporu*, Trabzon.
- Kurban, R. (2006). Kablosuz Taşınabilir Uzaktan Sağlık İzleme Sistemi: Mobil Sağlık Danışmanı. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Sönmez Çakır, Öğr. Gör. Dr. F., Aytekin, Doç. Dr. A. ve Tüminçin, Arş. Gör. F. (2018). Nesnelerin İnterneti ve Giyilebilir Teknolojiler. *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*. 4(5), 84-95.
- Şenyer Yapıcı, İ., Işık, B. ve Uzun, R. (2018). Kablosuz Elektrokardiyogram. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 101- 107.
- Tüker, G., F. ve Kutlu, A. Giyilebilir EKG Uygulaması ve Kullanılabilir İletişim Teknolojilerinin Karşılaştırılması. Isparta.
- Yalman, S., Coşkun Irmak, M. ve Haşiloğlu, A., (2015). Biyomedikal Sinyaller İzlemek İçin Bir Mobil Tabanlı Yaklaşım *TıpTekno'15 Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi*, 467-470, Muğla.



Türkiye'nin Enerji İhtiyacını Tahmin Etmek için Jaya Algoritmasına Dayalı Yeni Hibrit Bir Yaklaşım

Ergun Uzlu^{1*}

^{1*} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Trabzon, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2394-179X), ergunuzlu@ktu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.949440)

ATIF/REFERENCE: Uzlu, E. (2021). Türkiye'nin Enerji İhtiyacını Tahmin Etmek için Jaya Algoritmasına Dayalı Yeni Hibrit Bir Yaklaşım. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 96-99.

Öz

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin enerji tüketimini tahmin etmek için tahmin gücü yüksek bir model geliştirmektir. Model yeni ve güçlü bir optimizasyon algoritması olan Jaya algoritması ve regresyon fonksiyonlarına dayalı olarak geliştirilmiştir. Regresyon fonksiyonu olarak lineer, hiperbolik, eksponansiyel ve ikinci dereceden fonksiyon kullanılmıştır. Modelde gayri safi yurtiçi hasıla, nüfus, ithalat ve ihracat verileri bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Jaya yönteminin doğruluğu, ortalama rölatif hata, ortalama karesel hataların karekökü ve ortalama mutlak hata gibi hata kriterleri kullanılarak araştırılmıştır. Analizler sonucunda Jaya algoritması ile geliştirilen ikinci dereceden fonksiyonun diğerlerine göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Optimal konfigürasyonlar tanımlandıktan sonra, Türkiye'nin gelecekteki enerji tüketim değerlerini tahmin etmek amacıyla bir senaryo geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen model kullanılarak Türkiye'nin birincil enerji tüketimi modellenabilir ve Jaya, Türkiye'nin gelecekteki enerji ihtiyacını tahmin etmek için kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tüketimi/ihtiyacı, Jaya algoritması, Meta-sezgisel algoritma.

A Novel Hybrid Approach Based on Jaya Algorithm to estimate Energy Need of Turkey

Abstract

The main objective of this study is to develop a highly predictive model to forecast Turkey's energy consumption. The model has developed based on regression functions and Jaya algorithm which is a new and powerful optimization algorithm. Linear, exponential, hyperbolic and quadratic functions were used as regression functions. Gross domestic product, population, import and export data have been used as independent variables in the model. The accuracy of Jaya method was investigated using error criteria such as average relative error, root mean square error, and mean absolute error. As a result of the analysis, it was concluded that the quadratic function developed with Jaya algorithm performed better than the others. After the optimal configurations have been defined, a scenario has been developed to estimate Turkey's future energy consumption values. The obtained results are compared with the previous studies. According to the obtained results, primary energy consumption of Turkey can be modeled using the proposed model and Jaya can be used to predict Turkey's future energy need.

Keywords: Energy consumption/demand, Jaya algorithm, Metaheuristic algorithm.

* Sorumlu Yazar: ergunuzlu@ktu.edu.tr

1. Giriş

Enerji yaşam kalitesinin yanı sıra ekonomik ve sosyal ilerlemenin sağlanması için en önemli faktördür. 2018 yılında Türkiye'nin toplam enerji tüketiminin% 86'sı fosil yakıtlardan sağlanmıştır ve ilk üç sırada petrol (% 29.16), doğal gaz (% 28.65) ve kömür (% 28.43) bulunmaktadır (ETKB 2019). Diğer taraftan doğalgazın% 99'u, petrolün% 89'u ithal edilmiştir (BOTAS 2015). Nitekim Türkiye ve dünyadaki fosil yakıt rezervleri son derece sınırlıdır. Fosil yakıtlar mevcut hızda kullanılırsa, 2030 yılına kadar tükenecektir (Bordbari vd., 2018). Bu nedenle fosil yakıtların kaybedilmesi, gelecekte yıkıcı etkilere neden olabilir.

Gelecekteki enerji ihtiyacının belirlenmesi, fosil yakıt kullanımının dezavantajlarını azaltmak ve sürdürülebilir bir büyüme politikası sağlamak açısından son derece önemlidir. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak, Türkiye'nin enerji ihtiyacını tahmin etmek için birçok farklı teknik kullanılmıştır. Regresyon analizi bu teknikler içerisinde en çok tercih istatistik yöntemlerden biridir. Ancak regresyon analizi bazı kesin matematiksel ifadelerle dayandığından, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi tam olarak modelleyememektedir. Regresyon analizinin bu eksikliğini gidermek için regresyon fonksiyonları genetik algoritma (GA), karınca kolonisi algoritması (ACO), parçacık sürüsü (PSO) ve öğretim-öğrenme tabanlı (TLBO) optimizasyon algoritması gibi yapay zeka algoritmaları ile kullanılarak hibrit modeller geliştirilmiştir. Örneğin: Öztürk vd. (2004), Canyurt vd. (2004), Ceylan ve Ozturk (2004) GA'yı, Toksar (2007) ACO'yu, Uner (2008) PSO'yu, Tefek vd. (2019) TLBO'yu regresyon fonksiyonlarına uygulayarak Türkiye için hibrit enerji tüketimi tahmin modelleri geliştirmişlerdir. GA, ACO ve PSO gibi algoritmalar kendi özel kontrol parametrelerini barındırdığından kullanımları zordur. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için Jaya gibi sadece genel kontrol parametrelerine sahip meta-sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir.

Jaya yeni, kullanımı kolay ve sağlam bir meta-sezgisel algoritmadır. Jaya yeni bir yöntem olmasına rağmen, mekanik, termal ve inşaat mühendisliği dahil olmak üzere çeşitli mühendislik alanlarında kullanılmıştır. Jaya yönteminin PSO, diferansiyel değerlendirme, yapay arı kolonisi (ABC) ve TLBO gibi diğer optimizasyon yöntemlerinden üstün olduğu önceki çalışmalarda (Rao 2016) belirtilmiştir.

Bu çalışmanın ana hedefi, gelecekteki ulusal enerji ihtiyacını belirleyebilmek için hibrit bir model geliştirmektir. Model Jaya algoritması ve regresyon fonksiyonlarının hibridizasyonundan oluşmaktadır. Modelde bağımsız değişkenler olarak Türkiye'nin sosyo-ekonomik göstergeleri seçilmiştir. Önerilen model ve senaryoya göre Türkiye'nin gelecekteki enerji kullanım değerleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

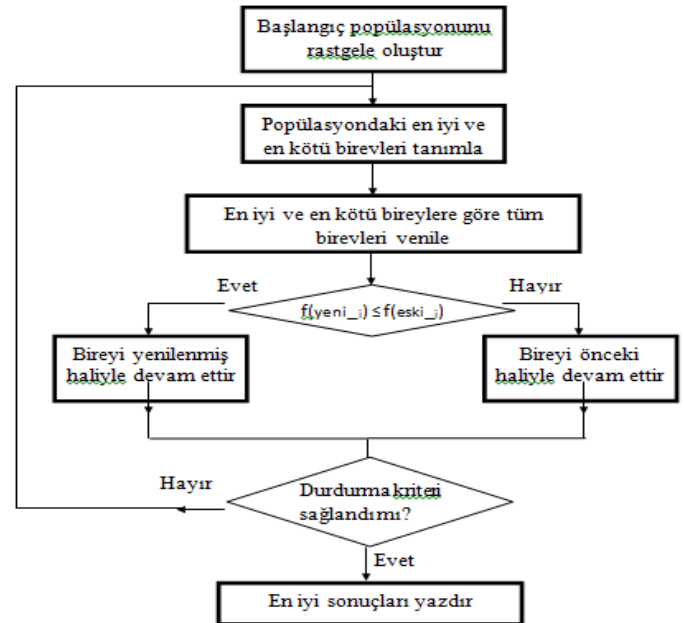
2.1. Jaya Algoritması

Tüm meta-sezgisel algoritmalar, popülasyon boyutu ve yineleme sayısı gibi ortak değerler gerektirir. Bunlara ek olarak, bazı algoritmalar kendilerine has parametrelere ihtiyaç duyar. GA, geçiş olasılığı, mutasyon olasılığı, seçim operatörü gerektirir; ABC algoritması arı sayısı (izci, izleyici ve çalışan arılar), limit gerektirir. Algoritmaların performansı, algoritmaya özgü kontrol parametrelerin doğru kullanımına bağlıdır. Bu

nedenle, Jaya algoritması gibi daha az kontrol parametresine sahip optimizasyon algoritmalarının kullanılması daha çekici hale gelmektedir.

Son zamanlarda geliştirilen popülasyon tabanlı optimizasyon yöntemlerinden biri, yukarıda bahsedilen dezavantajları ortadan kaldırmak için 2016 yılında Rao (2016) tarafından önerilen Jaya algoritmasıdır. Jaya algoritması, yalnızca popülasyon boyutu ve maksimum çevrim sayısı gibi ortak kontrol parametrelerine ihtiyaç duyar. Aynı zamanda, Jaya algoritması basit sayısal yapıya sahiptir. Bu nedenle, Jaya algoritmasının uygulanması ve kodlanması, diğer algoritmalara nispeten daha basittir. Dahası, Jaya diğer meta-sezgisel algoritmalarından farklı olarak yerel minimumda sıkışıp kalmaz. Jaya algoritmasının bu özellikleri onu diğer meta-sezgisel algoritmalarından daha üstün kılar.

Jaya algoritması için çevrim sürecinin adımları Şekil 1'de verilmiştir. İlk adımda rastgele bir başlangıç popülasyonu oluşturulur. Algoritma her zaman başarıya yaklaşmaya (yani en iyi çözüme ulaşmaya) ve başarısızlıktan uzak durmaya (yani en kötü çözümden uzak durmaya) çalışır. Bu şekilde tüm aday çözümler güncellenir.



Şekil 1. JAYA algoritmasının akış diyagramı

2.2. Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Geliştirilmesi

Modelleme sırasında, gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH), nüfus, ithalat ve ihracat verileri dikkate alınarak enerji tüketimini tahmin etmek amacıyla dört farklı regresyon fonksiyonu kullanılmıştır. Bunlar doğrusal fonksiyon (DF), hiperbolik fonksiyon (HF), eksponansiyel fonksiyon (EF) ve ikinci dereceden (İF) fonksiyondur. DF, HF, EF ve İF'nin genel formları önceki çalışmalarda (Uzlu vd., 2014) bulunmaktadır.

Jaya algoritması amaç fonksiyonunun değerini minimuma indirmek için bağımsız değişkenlerin (x_i) katsayılarını (w_i) optimize etmeye çalışır. Amaç fonksiyonu olarak modelde ortalama karesel hata (OKH) seçilmiştir. Amaç fonksiyonunun değeri durdurma kriterine (maksimum çevrim sayısı) ulaşıncaya kadar Jaya algoritması tarafından minimize edilmeye çalışılır. Amaç fonksiyonunun formülü aşağıdaki gibidir.

$$OKH = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - o_k)^2 \quad (1)$$

Denklem 2’de o_k ve y_k sırasıyla tahmin edilen ve gerçek değerlerdir, n ise toplam veri sayısıdır. Ayrıca modelin performansını değerlendirmek için ortalama karesel hataların karekökü (OKHK), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama rölatif hata (ort. RH) kriterleri kullanılmıştır. OKHK, OMH ve ort. RH değerlerinin formülleri önceki çalışmalarda (Uzlu vd., 2014) sunulmuştur.

Kontrol parametreleri tüm modellerde aynı değer seçilmiştir. Maksimum çevrim sayısı 5000 ve popülasyon büyüklüğü 50 olarak ayarlanmıştır. Regresyon fonksiyonlarının katsayıları (w_i) için çözüm aralığı $[-1, 1]$ olarak seçilmiştir. Kontrol parametreleri ayarlandıktan sonra, her regresyon denklemi için Jaya algoritması kullanılarak 30 bağımsız koşma gerçekleştirilmiştir.

2.3 Veri Seti

Bu çalışmada, GSYİH, nüfus, dış ticaret değerleri modellerin giriş verileri olarak kullanılmıştır. Veriler 2 bölüm olarak sınıflandırılmıştır. Eğitim seti için 1980-2007 yılları arasındaki veriler ve test seti için 2008-2018 arasındaki veriler kullanılmıştır. Nüfus ve dış ticaret verileri TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)’den (TÜİK 2019a; TÜİK 2019b), Enerji kullanım verileri ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) ’dan (ETKB 2019) ve GSYİH verileri TKB (Türkiye Kalkınma Bakanlığı)’ndan (TKB, 2019) temin edilmiştir. Modellerin eğitim sürecini kolaylaştırmak için veriler $[0.1, 0.9]$ aralığına

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Geliştirilen Modellerin Performansının Değerlendirilmesi

Yapılan analizler sonucu her bir fonksiyon türü için elde edilen en iyi modeller aşağıda sunulmuştur.

$$y_{DF} = -0.0252 - 0.0315x_1 + 0.6836x_2 + 0.1707x_3 + 0.2112x_4 \quad (2)$$

$$y_{HF} = x_1^{-0.0168} x_2^{0.8345} x_3^{0.1785} x_4^{0.0688} \quad (3)$$

$$y_{EF} = -1 + \exp(0.0124 + 0.0368x_1 + 0.5552x_2 + 0.0223x_3 + 0.0968x_4) \quad (4)$$

$$y_{İF} = -0.0218 + 0.0947x_1 + 0.5285x_2 + 0.4484x_3 + 0.0539x_4 - 0.0548x_1x_2 - 0.0964x_1x_3 - 0.2664x_1x_4 + 0.5122x_2x_3 - 0.1717x_2x_4 + 0.1159x_3x_4 - 0.0973x_1^2 + 0.0598x_2^2 - 0.4280x_3^2 + 0.3144x_4^2 \quad (5)$$

İF, EF, DF ve HF için eğitim seti verileri kullanılarak hesaplanan OKH değerleri sırasıyla 1.752, 3.681, 2.652 ve 2.383’dür. Hata değerlerinden görüldüğü gibi İF gerçek değerlere diğer fonksiyon türlerinden daha çok yakınsamıştır. Test seti için hesaplanan hata değerleri ise Tablo 1’de sunulmaktadır. Hem eğitim hemde test seti için hesaplanan hata

değerleri dikkate alındığında en iyi modelin en küçük hata değerlerine sahip olan İF’dir.

Tablo 1. Test seti için hesaplanan hata değerleri

	Ort. RH (%)	OKHK (Mtoe)	OMH (Mtoe)
İF	0.806	1.119	0.874
EF	1.251	1.675	1.415
DF	1.377	1.790	1.495
HF	1.285	1.652	1.430

Türkiye’nin enerji tüketimi için Kiran vd. (2012) ve Tefek vd. (2019) tarafından geliştirilen modellerin ort. RH değerleri sırasıyla 2.77% ve 0.920%’dir. Tüm ort. RH değerleri, önerilen modelin ort. RH değerinden daha büyüktür.

Geliştirilen İF modeli kullanılarak Türkiye’nin 2019-2030 dönemi enerji ihtiyacı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Senaryoda kullanılan nüfus verileri TÜİK’den (TÜİK 2019a) diğer veriler ise gerçek büyüme oranları dikkate alınarak elde edilmiştir. GSYİH için 6.82%, ithalat için 11.20% ve ihracat için 13.27%’lik büyüme oranları dikkate alınmıştır. Önerilen model kullanılarak elde edilen enerji tüketim projeksiyonunun Tefek vd. (2019) tarafından önerilen projeksiyon ile karşılaştırılması Tablo 2’de sunulmaktadır. Sunulan projeksiyon ve Tefek vd. (2019) tarafından elde edilen değerlerin birbirine yakın olması geliştirilen modelin doğruluğunu artırmaktadır.

Tablo 2. Önerilen enerji tüketim projeksiyonunun Tefek vd. (2019) tarafından önerilen projeksiyon ile karşılaştırılması

Yıllar	Önerilen senaryo (Mtoe)	Tefek vd. (2019) (Mtoe)	Yıllar	Önerilen senaryo (Mtoe)	Tefek vd. (2019) (Mtoe)
2019	144.71	144.20	2025	175.00	175.9
2020	149.71	149.00	2026	179.98	182
2021	154.80	154.00	2027	185.01	188.2
2022	159.93	159.20	2028	190.05	194.7
2023	164.99	164.50	2029	195.08	201.5
2024	170.00	170.1	2030	200.12	208.5

4. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye’nin 1980-2030 yılları arasındaki enerji ihtiyacı, GSYİH, nüfus, ithalat ve ihracat değerleri kullanılarak modellenmiştir. Önerilen İF modeli, ort. RH, OKHK ve OMH açısından enerji tüketimini DF, EF ve HF’den daha iyi tahmin etmiştir. Bu nedenle senaryo analizinde Jaya algoritması ile eğitilmiş İF modeli kullanılarak, Türkiye’nin 2019-2030 yılları arasındaki enerji ihtiyacı tahmin edilmiştir. Bu çalışmaya göre Türkiye’nin 2030 yılındaki enerji ihtiyacının 200.12 Mtoe olması beklenmektedir. Analiz edilen senaryonun sonuçları Tefek vd. (2019) ile karşılaştırılmıştır. Tahmin edilen değerlerin yakınlığı modelin doğruluğunu artırmıştır.

Jaya algoritmasının sonuçları mevcut çalışmada tatmin edicidir. Bu nedenle, enerji kullanımını modellemek için Jaya algoritmasının kullanılması gelecekteki çalışmalar için tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

- Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAS). (2015). 2015 yılı faaliyet raporu. https://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/sectorap_2015.pdf, (erişim tarihi:26.03.2021).
- Bordbari, M.J., Seifi, A.R., & Rastegar M. (2018). Probabilistic energy consumption analysis in buildings using point estimate method. *Energy* 142, 716–722.
- Canyurt O.E., Ceylan, H. Ozturk, H.K. & Hepbasli, A. (2004). Energy demand estimation based on two-different genetic algorithm approaches. *Energy Sources* 26,1313–1320.
- Ceylan, H., & Ozturk, H.K. (2004). Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach. *Energy Conversion and Management* 45, 2525–2537.
- Canyurt O.E., Ceylan, H., Ozturk, H.K., & Hepbasli, A. (2004). Energy demand estimation based on two-different genetic algorithm approaches. *Energy Sources* 26, 1313–1320.
- Ceylan, H., Ozturk, H.K., Hepbasli, A., & Utlü, Z. (2005). Estimating energy and exergy production and consumption values using three different genetic algorithm approaches, part 2: application and scenarios. *Energy Sources* 27, 629–639.
- Ediger, V.S., & Akar, S. (2007). ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey. *Energy Policy* 35:1701–1708.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2019). http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fMavi%20Kitap%2fMavi_Kitap_2012.pdf, (erişim tarihi: 20.03.2021).
- Kıran, M.S., Özceylan, E., Gunduz, M., & Paksoy, T. (2012). A novel hybrid approach based on particle swarm optimization and ant colony algorithm to forecast energy demand of Turkey. *Energy Conversion and Management* 53, 75–83.
- Ozturk, H.K., Canyurt, O.E. Hepbasli, A., & Utlü, Z. (2004). Residential-commercial energy input estimation based on genetic algorithm approaches: an application of Turkey. *Energy and Buildings* 36, 175–183.
- Rao, R.V. (2016). Jaya: A simple and new optimization algorithm for solving constrained and unconstrained optimization problems. *International Journal of Industrial Engineering Computations* 7, 19–34.
- Toksari, M.D. (2007). Ant colony optimization approach to estimate energy demand of Turkey. *Energy Policy* 35, 3984–3990.
- Tefek, M.F., Uğuz H., & Güçyetmez M. (2019). A new hybrid gravitational search-teaching-learning-based optimization method for energy demand estimation of Turkey. *Neural Computing and Applications* 31, 2939–2954.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2019a). Nüfus ve demografi, nüfus istatistikleri. <http://www.turkstat.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, (erişim tarihi:20.03.2021).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2019b). İstatiksel tablolar, yıllara göre dış ticaret. http://www.turkstat.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046, (erişim tarihi:20.03.2021).
- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı (TKB). (2019). Ulusal Gelir ve Üretim (Tablo 1). www.kalkinma.gov.tr, (erişim tarihi:19.03.2021).
- Unler, A. (2008). Improvement of energy demand forecasts using swarm intelligence: The case of Turkey with projections to 2025. *Energy Policy* 36, 1937–1944.



Hekime Tanı Koymada Yardımcı, Yapay Zekâ Destekli Hastalık Tespit Uzmanı*

Ethem Karal^{1†}, Metin Turan²

^{1*} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3404-4322), ethemkaral@gmail.com

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1941-6693), mturan@ticaret.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.945518)

ATIF/REFERENCE: Karal, E. & Turan, M. (2021). Hekime Tanı Koymada Yardımcı, Yapay Zekâ Destekli Hastalık Tespit Uzmanı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 100-116.

Öz

Bu çalışma, makine öğrenmesi, veri madenciliği ve yapay zekâ teknolojileri kullanılarak, hastaya tanı konulmasını kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Doğal dil işleme süreçleri ile hasta anamnezleri değerlendirilerek, tanı koymada yardımcı bir sistem oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem ile hastadan anamnez alınırken doğal dil işleme kullanılarak; her bir hastalık belirtisi içeren konu başlığı önce anlamlandırılır, sonra kategorize edilerek eğitim yapılır.

Karar Ağaç (Decision Tree), Torbalama (Bagging), Arttırma (Boosting) kullanılarak öğrenme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Öykü alma sırasında bilinen hastalıkların belirtileri değerlendirilerek doktorların yükünü hafifletmek amaçlanırken, pandemi gibi dönemlerde ya da yeni ortaya çıkan ve belirtileri/tedavi yöntemleri/hasta sayısı konularında az veriye sahip olunan dönemlerde, sağlık çalışanlarına ve sağlık sistemine yardımcı bir sistem geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Oluşturulmuş bu sistem; doktorların, hastaların rahatsızlıklarını daha yüksek doğruluk ve verimlilikle teşhis etmesine yardımcı olmuştur. Alınan bilgiler doğrultusunda Karar Ağaçları yöntemi ile bulunan doğruluk oranı %73, Random Forest algoritması ve Entropi ölçüsü kullanılarak ulaşılan doğruluk oranı %76, aynı algoritmanın Gini ölçüsü ile ulaşılan doğruluk oranı %82'dir. Adaboost algoritması kullanıldığında, öğrenme sabiti 1.0 olduğu durumda %64 sonucu elde edilirken, öğrenme sabiti 0.5 alındığında doğruluk oranı %67 olarak bulunmuştur.

Hastanın anamnez verilerini değerlendiren sistem, hekime olası sonuçların listesini sunarak hekimin işini kolaylaştırmıştır. Yapay zekânın sonuçlarını değerlendirerek sonuçlara katılmak ya da katılmamak ise tamamen doktorun tercihinin bırakılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hastalık Tespit Sistemi, Doğal Dil İşleme, Makine Öğrenmesi, Yapay Zekâ.

Assistant in Diagnosis for Doctor, Artificial Intelligence Supported Disease Detection Specialist

Abstract

This article aims to facilitate the diagnosis of the patient by using machine learning, data mining and artificial intelligence technologies. With natural language processing processes, patient anamnesis was evaluated and an auxiliary system was created for diagnosis. By using natural language processing while taking anamnesis from the patient with the system created; The topic containing each disease symptom is first made meaningful, then categorized and training is carried out.

Learning operations were carried out using Decision Tree, Bagging and Boosting. While it is aimed to alleviate the burden of doctors by evaluating the symptoms of known diseases during history taking, it is aimed to develop a system that helps healthcare professionals

* Bu makale İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programı Dr. Öğr. Üyesi Metin Turan danışmanlığında Ethem Karal'ın yürüttüğü "Hekime Tanı Koymada Yardımcı, Yapay Zeka Destekli Hastalık Tespit Uzmanı" başlıklı yüksek lisans tezi çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

† Sorumlu Yazar: ethemkaral@gmail.com

and the health system during periods such as pandemics or when there is little data on symptoms / treatment methods / number of patients.

This system created; helped doctors diagnose patients' ailments with higher accuracy and efficiency. In line with the information received, the accuracy rate found with the Decision Trees method is 73%, the accuracy rate achieved by using the Random Forest algorithm and the Entropy measure is 76%, and the accuracy rate achieved with the Gini measure of the same algorithm is 82%. When the Adaboost algorithm was used, when the learning constant was 1.0, the result was 64%, and when the learning constant was 0.5, the accuracy rate was found to be 67%.

The system, which evaluates the patient's anamnesis data, has facilitated the physician's work by presenting a list of possible results to the physician. Evaluating the results of artificial intelligence, whether or not to agree with the results is entirely up to the doctor's choice.

Keywords: Artificial Intelligence, Disease Detection System, Natural Language Processing, Machine Learning.

1. Giriş

Günümüzde makine öğrenmesi ve yapay zeka; doktorları, hastaları, hastaneleri ve sağlık ile ilgili tüm alanları etkilemeye başlamıştır. Bilgisayarlı tomografiler, diyabetik retinopati analizi, EKG ile kalp krizi riski belirlenmesi gibi alanlarda hali hazırda yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu alanlarda bol miktarda veri olduğu için algoritmalar teşhis koyma konusunda en az uzman doktorlar kadar başarılı olabilmektedirler.

Hasta ve doktor ilişkisinin ön planda olduğu ve hasta mahremiyetinin sağlanması gereken anamnez alma (hasta öyküsü) gibi alanlarda ise yapay zekâ çalışmaları devam etmektedir. Anamnez alma, hastalığın teşhisi için en önemli adımlardan biridir. Anamnez sayesinde gereksiz tetkik ve araştırmalar engellenir ve bu sayede zaman ve para kaybı önlenmiş olur. Doktorlar veri girişi ve masa başı işlere, hastalara ayırdıklarından daha fazla zaman ayırmaktadırlar. Dünya nüfusunun giderek yaşlandığı ve doktor ihtiyacının sürekli arttığı düşünülürse, kazanılan her saniye, çok sayıda insanın sağlığına kavuşmasına yardımcı olacaktır.

Anamnez alma sürecinde; veri girişi ve sonuçların analizinde, yapay zeka yöntemleri kullanılması durumunda potansiyel sorunlar önceden tespit edilerek hekim bilgilendirilebilir. Bu sayede tanı koymada hekime yardımcı olunarak fayda sağlanırken, hekimlerin hastalar ile daha verimli zaman geçirmeleri sağlanabilir. Aynı zamanda yapay zeka yöntemleri, hekimlere zaman kazandırmanın yanında; atlanan ve boşa giden verileri de derleyerek analiz edebilirler. Yapılan bir araştırmaya göre; bir hastane her sene 50 petabyte veri üretmektedir. Ancak bu verilerin %97'si hiç kullanılmamaktadır (Kellner, 2017). Yapay zeka; bu verileri de analiz ederek teşhis ve tedavi için yeni yöntemler ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmada; hekime yardımcı olarak geliştirilen yapay zeka platformu, hekimin hastadan alacağı bilgileri baz alarak çalışmaktadır. Önce aldığı tüm verileri ayıklayıp anlamlandırarak kategorilendirecektir. Eğitim yapıldıktan sonra hastalığın teşhisine yönelik sonuçlar hekime sunulacaktır. Bu süreç sayesinde hem doktorun iş yükü azalarak hasta ile daha verimli zaman geçirebilecek, hem de pandemi gibi bulaşıcı hastalık dönemlerinde hasta ve hekimin izolasyonu sağlanacaktır.

Üzerinde çalışılan hekime tanı koymada yardımcı olması hedeflenen bu sistem, otomasyon sistemlerinin tersine, varyasyon ve esneklik sağlamaktadır. Teşhis koyma, yasal sorumluluğu hekime ait olan bir süreçtir. Bu sistem ile doktora sadece; alınan verilerin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar

sunulacaktır. Sistemin koyduğu teşhis hekime bir öneri ve yönlendirme niteliği taşımaktadır. Bu noktada doktor; yapay zekanın teşhisini onaylayabilir ve kendi koyduğu teşhisin doğruluğunu pekiştirebilir. Bir diğer seçenek olarak; yapay

zekanın koyduğu teşhisi yetersiz ya da geçersiz bulabilir. Bu durumda kendisi ek tetkikleri yaparak tanı hakkındaki son kararı kendisi verecektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Madenciliği ve Yapay Zekâ Yöntemleri Kullanarak Öykü (Anamnez) Alma

2.1.1. Öykü (Anamnez) Alma

Hekim ya da sağlık çalışanlarının hasta adayına teşhis koymak veya mevcut hastalığının durumunu tesbit etmek için sorular sorarak bilgi almasına anamnez almak denir. Anamnez soruları belirli bir sıra ve düzen ile hastaya yönlendirilir. İyi bir anamnez tanısı, fizik muayeneden daha fazla ipucu barındırır. Anamnez alındıktan sonra, fizik muayene ve laboratuvar (kan, görüntüleme vb) sonuçları ile teşhis için gerekli bilgiler elde edilir (Tarhan, 2015). Hekimin hastayı görsel olarak muayene etmesinden sonra sıra sesli iletişim kurmaya geçmektedir. Hekimler, anamnez sürecinin ikinci kısmında hastaya belirli kategoriler altında sorular yönelir. Bu kategoriler kendi içinde ikiye ayrılır: Genel Durum Öyküleri ve Belirli Sistemlere Yönelik Öyküler. Sorulan sorular hastalığın tanısını koymada büyük önem taşır.

2.1.2. Öykü (Anamnez) Almanın Önemi

Anamnez, hastalara tanı koyulmasında çok önemli rol oynar, özel önlem gereken sistemik hastalıklar öğrenilir, kullandığı ilaçlar, bazı sistemik hastalıklar gibi birçok bilgiye ulaşılır. Doktorlar hastayı görmeden önce, hastanın daha önce oluşturulmuş tıbbi bilgiler içeren kartı hastanın önceden geçirdiği rahatsızlıklar ve hastalıklarının seyri hakkında bilgi verir.

Hastanın adı, cinsiyeti, yaşı, ana-baba adı, doğum yeri-ve ailenin geldiği yer, öykünün alınıp tarihi, saati gibi içerikler olmalıdır. Cinsiyet özel işaretlerle veya yazılı ifadelerle belirtilir. Hastanın doğum yeri ya da yaşadığı yer önemli ipuçları verebilir. Pediatrik öykü (anamnez) şu ana bölümlerden oluşur : - Yakınma - Öykü ve sistem soruları - Özgeçmiş – Soygeçmiş (Fakültesi, 2016).

Teşhis konulurken ilk aşama olarak hastalık için gerekli bilgiler toplanır. Hastanın şikayetini anlatırken kullandığı terimler, doktorun muayenelerden sonraki tesbitleri ve laboratuvar test sonuçları bir araya getirilir. İkinci aşamada, elde edilen tüm bilgiler yorumlanarak bu bilgilerin klinik önemi değerlendirilir. Anamnez alınırken; hasta anamnezi, aile anamnezi, sosyal anamnez birlikte alınır ve değerlendirilir. Böylece olası bir sistemik hastalık belirtisi farkedilmeye çalışılır. Hasta anamnezi; biyografik bilgiler, esas şikayet ve onun öyküsü, sosyal hikaye, aile hikayesi, davranış ve duygusal hikaye, tıbbi hikaye ve sistemlerin incelenmesi (geçmişteki ve şu andaki) ve dental hikayeyi içerir (Nalçacı, 2015). Hasta özgeçmişine ait anamnez bilgileri Tablo 1'de yer almaktadır. Esas şikayetin tesbit

edilmesi için sorulacak anamnez bilgileri Tablo 2’de verilmiştir. Hasta aile öyküsü bilgileri Tablo 3’te, hastanın kişisel ve sosyal öyküsü Tablo 4’te görülmektedir.

Tablo 1. Hasta Özgeçmişi (Nalçacı, 2015)

Hastanın Özgeçmişi
Yaş?
Boy?
Kilo? (kg)
Yaşamını sürdürdüğü ortam?
Kaza – travma
Alerji, pika, parazit
Aşılama
Cinsiyet? (Erkek)
Cinsiyet? (Kadın)
Gebelik var? yok?
Gebelik öyküsü (Alkol, sigara vb.)
Gebelik süresi, doğum şekli
Gebelikte geçirilen hastalıklar
Gebelik olunan aşılar
Doğum sonrası sorunlar
Psikomotor gelişim
Beslenme(anne sütü, ek gıda vb.)

Tablo 2. Hasta Ağrı Öyküsü

Ağrı olduğu durumda: Ağrı öyküsü
Yeri
Başlangıcı
Özellik
Yayılmı
İlişkileri
Zamanlaması

Tablo 3. Hasta Aile Öyküsü

Aile öyküsü
Akraba Evliliği
Anne – baba sağlığı / ölüm nedeni
Kalp, Tansiyon, astım vb. genetik olarak gelen hastalıklar

Tablo 4. Hasta Kişisel ve Sosyal Öykü

Kişisel ve Sosyal öykü
Alkol, sigara, uyuşturucu kullanımı
HIV var mı? AIDS var mı?
Riskli bir mesleğe sahip mi?
Evcil hayvan var mı?
Vücut kitle endeksi nedir?
Yaşamını sürdürdüğü ortam nasıl?

Anamnez alınırken sorular rastgele değil, belirli bir düzen ve sıra ile sorulur. Hasta ve doktor ilişkisinin güven içermesi, sağlıklı bir iletişim kurulması ve doğru sonuçlara/tedavi yöntemlerine ulaşılması doğru ve yeterli bir anamnez alınmasına bağlıdır.

Anamnez sırasında Genel Durum Öyküleri kategorisi altında sorulan sorular ve kendi içindeki kategoriler tablolarla belirtilmiştir (Alçelik, 2016).

Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te bulunan anamnez sorularının sorulmasından sonra, hastaya Tablo 5'te bulunan Genel Durum Öyküleri anamnez soruları yöneltilir.

Tablo 5. Hasta Genel Öyküsü

Genel öykü
Yorgunluk / Kırgınlık
Ateş
Titreme
İştah artışı
Kilo Kaybı
Ciltte kızarma / morarma
Uyku bozukluğu
Hayattan zevk alamama
Sinirlilik
Baş dönmesi
Bacaklarda ödem
Kas veya eklem ağrısı
Gözlerde ciltte sararma
Gözlerde yanma ve sulanma hissi
El ve ayak parmaklarında renk değişikliği

Kardiyovasküler değerlendirmeye yönelik elde edilecek veriler; göğüs ağrısı, nefes darlığı, çarpıntı, ritim bozukluğu, solgunluk ve ödem, özgeçmiş, soygeçmiş ve kişisel alışkanlıklardır. Hastada varolan tüm belirtiler belli bir düzen içinde sorgulanmalı, belirtinin ne zaman başladığı, nasıl yayıldığı

ve diğer belirtiler, tedavisi için neler yapıldığı gibi bilgiler hastadan ya da yakınından alınmalıdır (Sevinç, 2006). Kardiyovasküler sistem öyküsü basamakları Tabla 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Hasta Kardiyovasküler Sistem Öyküsü

Kardiyovasküler Sistem Öyküsü
Göğüs ağrısı
Boğazda ağrı / yanma
Kulaklarda dolgunluk
Burunda tıkanıklık / akıntı
Tat veya koku kaybı
Hapşırma
Ağız kuruluğu
Baş/Göğüs ağrısı
Kalp ritim bozukluğu
Çarpıntı
Aile Öyküsü
Sosyal Öykü
Alerjiler

Gastrointestinal sistem (GİS) hastalıkları oldukça geniş bir hastalık grubundan oluşmaktadır. Hekimlerin vakalar karşısında doğru teşhis koyabilmeleri için; gastroenterolojinin temel bilgilerini ve hastalık semptomlarını yakından tanımaları ve bu alanda yeterli tecrübeye sahip olmaları gerekir. Semptom; hasta tarafından hissedilen (sübjektif) baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, halsizlik gibi belirtilerdir. Hekimin muayene sırasında

saptadığı ödem, sarılık ve siyanoz gibi objektif bulgulara ise sign denmektedir (Uygun, 2009). Hasta Gastrointestinal Öyküsüne ait bölümler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Hasta Gastrointestinal Öykü

Gastrointestinal öykü
İştah kaybı
Normal/Kanlı kusma
Karın ağrısı
İshal
Hazım (Sindirim) zorluğu
Mide bulantısı

Göğüs Hastalıkları alanında anamnez alınırken; diğer tüm sistemlerde olduğu gibi hastanın kimlik bilgileri (ad, soyad, doğum tarihi, doğum yeri, cinsiyet, medeni durum, meslek) ile sorulara başlanır. Sonrasında hastanın başlıca yakınması/yakınmaları, bu yakınmaların ne zaman başladığı, yakınmaların süreç boyunca nasıl ilerlediği, yakınmaları nelerin tetiklediği sorulur. Hastanın daha önce geçirdiği rahatsızlıklar sorularak anamnez sürecine devam edilir.

Solunum sisteminin başlıca semptomları;

- Öksürük

- Balgam çıkarma
- Nefes darlığı
- Göğüs ağrısı

Her semptom tek tek sorgulanmalıdır. Göğüs ağrısından yakınan hastaya çeşitli sorular sorularak özellikle kardiyak-plöretik ağrı ayırt edilmelidir. Ağrının ne zaman başladığı, yeri, yayılımı, niteliği, nelerle tetiklenip hafiflediği ve eşlik eden semptomlar sorulmalıdır (Oya Kayacan, 2018). Hasta Solunum Yolu Öyküsüne Tablo 8’de yer verilmiştir.

Tablo 8. Hasta Solunum Öyküsü

Solunum Yolu Öyküsü
Öksürük
Balgam
Ağır solunum yetmezliği
Nefes darlığı
Hırıltı solunum
Göğüs ağrısı
Alerjiler
Hızlı soluk alıp verme
Genel Semptomlar
Sosyal Öykü

Sorulan sorulara karşılık verilen cevaplar içerisinde toplam 130 kişiden veri toplanarak işlemler yapılmıştır. Her bir hastalık çeşidine göre alınan veriler anlamlandırılmaya çalışılır. Her sorunun cevabı tek cevap yerine çoklu cevaplar olması durumunda alınan veri çoklu bölümler halinde ön işleme yapmak üzere algoritmaya gönderilir. Yukarıda belirtilen hasta öykü bilgilerinin anket yardımı ile alınan sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Bu Çalışma için oluşturulmuş olan "Hekime Tanı Koymada Yardımcı, Yapay Zeka Destekli Hastalık Tespit Uzmanı" isimli çalışmamız için önerdiğimiz anket soruları İstanbul Ticaret Üniversitesi Rektörlüğü Etik Kurul onayı "9.4.2021" tarihli ve "E-65836846-044-207508" sayılı ile onaylanmıştır.

Tuzla Marmara Üniversitesi Pendik E. A. H. Eğitim Aile Sağlığı Merkezinde görevli olan doktorlar ile çalışma süresi boyunca görüşerek bilgi alındı. Ancak araştırma hastanesine bağlı olduğu için çalışan doktorların belirli zaman aralıklarında sürekli değişmesi söz konusuydu. Bu durum söz konusu olduğundan görüşmeler sırasında görüşülen doktorlarda buna bağlı olarak değişim gösterdi.

2.1.3. Öykü (Anamnez) Alma Anket Sonuçları

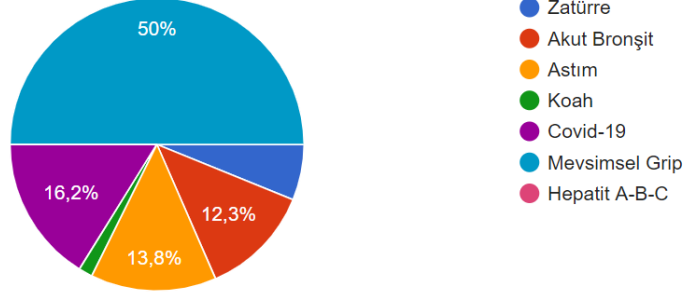
Hastanın özgeçmişinde genel bilgi alınırken diğer bölümlerdeki sorular ile hastalık ile ilişkili vücut kısımlarına ait özel sorular yöneltilmiştir. Özgeçmiş, kısa şekilde geçmiş tıbbi ve cerrahi bilgi alınır. Bu sayede kişinin şuan ki hastalık ile ilişkili herhangi bir hastalık geçirip geçirmediği kontrol edilir. Cinsiyete bağlı olarak farklı sorular yönlendirilir. Böylece; kadınlar için doğum yapmış olma, gebelik sırasında geçirilen hastalıklar ve olunan aşılardan gibi bilgilerin yanı sıra erkekler için anamnez sırasında sorulan sigara, alkol ve uyuşturucu kullanımı, beden kitle endeksi gibi bilgiler de alınır. Aile öyküsü ile genetik hastalıkların tespiti yapılması amaçlanmıştır. Belirlenen hastalıklar ile ilgili vücut sistemleri için tek tek bölümler oluşturulmuş, bu bölümlerde belirtilere yönelik sorular sorulmuştur. Sonrasında bu sistemlerin birbirleri ile ilişkileri incelenerek anamnez alma süreci tamamlanır. Anamnezde yer alan hastalıklardan, öyküsü alınan kişilerin hastalığının tanısı konulması hedeflenmiştir.

Anamnez (Öykü) aldığımız anket sonuçlarından bazı bilgiler aşağıda yer almaktadır. Anamnez sırasında 130 denek kişi ile çalışma yapılmış olup toplamda 7 hastalık çeşidine göre bilgilerin doldurulması istenmiştir.

Şekil 1. Hastalık İsimleri

Aşağıdaki hastalıklardan geçirmiş olduğunuzu işaretleyiniz? (Birden fazlasını geçirdiyse en son geçirmiş olduğunuz hastalığı işaretleyiniz.)

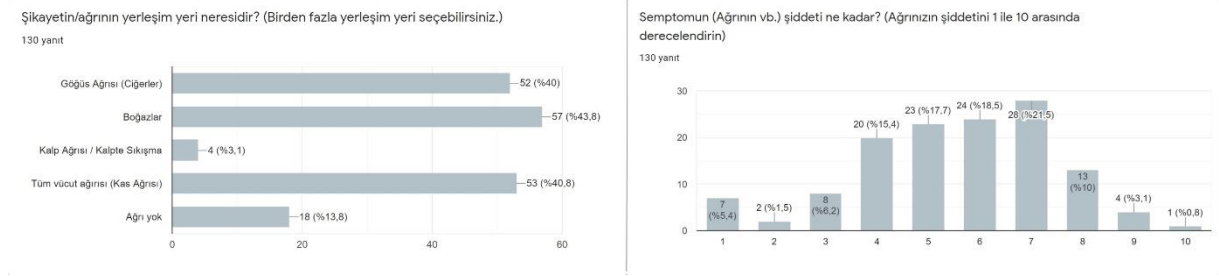
130 yanıt



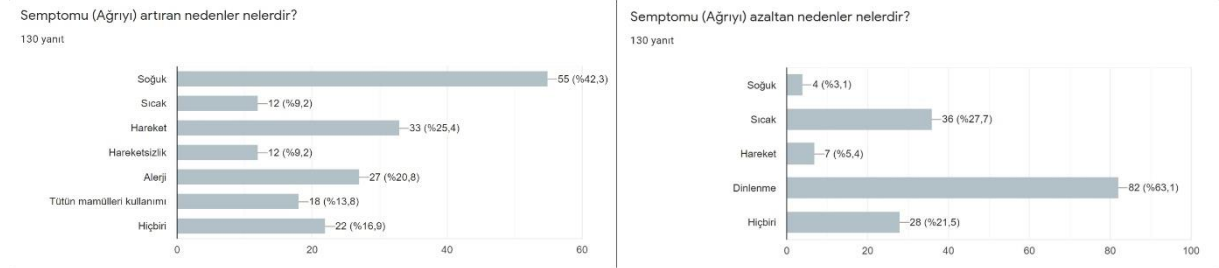
Yapılan anket sonucunda; 65 mevsimsel grip, 21 Covid-19, 18 Astım, 16 Akut Bronşit, 8 Zatürre, 2 Koah ve 0 Hepatit A-B-C kişi belirtilen hastalıkları işaretlemiştir. Çalışmada belirtilen

hastalıklar ile verilen cevaplara göre kişinin hangi tip hastalığa yakın olabileceği tespiti yapılmaktadır.

Şekil 2. Ağrının yerleşim yeri ve şiddeti



Şekil 3. Ağrıyı artıran ve azaltan nedenler



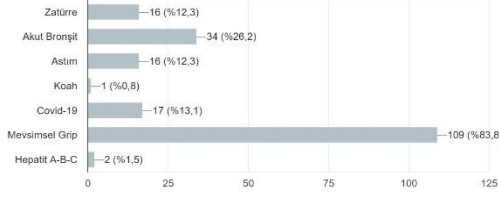
Şekil 2, Şekil 3'te alınan cevaplar ile hastalığı etkileyen sebepler ve eşlik eden herhangi bir belirti olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verildiği üzere geçmişte hastalık ile ilgili geçirilen ameliyat olup olmadığı

ve kişinin hastane geçmişi hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Şekil 4. Geçmişte geçirilen hastalıklar ve alınan tedavi yöntemleri

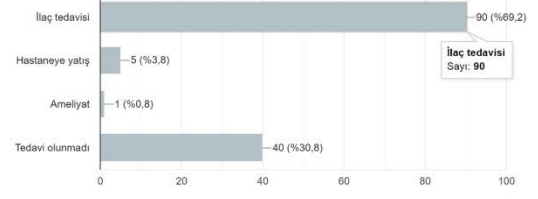
Geçmişte aşağıdaki hastalıklardan hangisini/hangilerini geçirdiniz?

130 yanıt



Şikayet edilen durumla ilgili daha önce alınan tedaviler nelerdir?

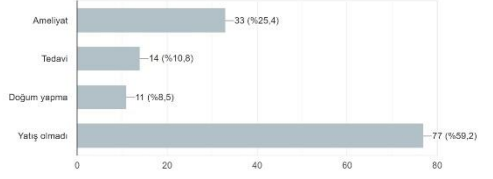
130 yanıt



Şekil 5. Hastaneye yatış ve ameliyat geçirilme durumu

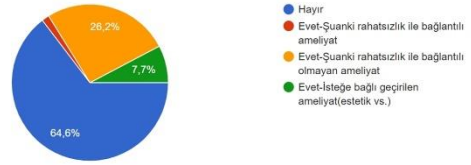
Daha önce hastaneye yattıysanız bu yatışın nedeni/nedenleri neydi?

130 yanıt



Daha önce herhangi bir ameliyat geçirdiniz mi?

130 yanıt



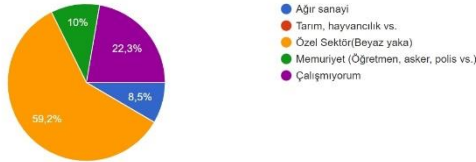
Meslek hastalığı veya bağımlılık yapıcı maddeler ile herhangi bir bağ olup olmadığı değerlendirilmeye amaçlanmıştır.

Aşağıda belirtilen tabloda meslek gruplarına göre bilgiler yer almaktadır.

Şekil 6. Meslek grupları ve kullanılan bağımlılık yapan madde çeşitleri

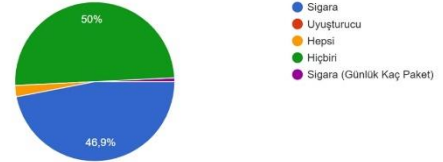
Aşağıdaki Meslek gruplarından hangisinde çalışıyorsunuz?

130 yanıt



Aşağıdaki maddelerden hangisini daha önce kullandınız?

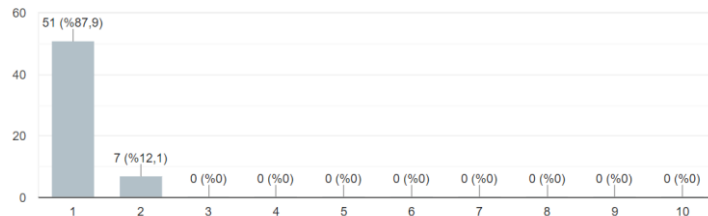
130 yanıt



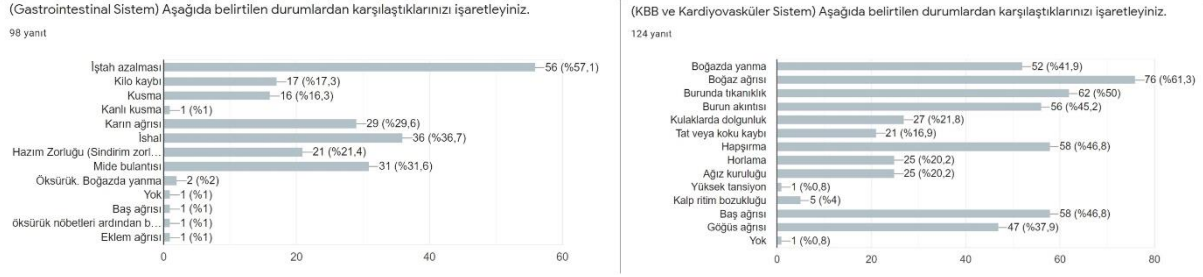
Şekil 7. Günlük tüketilen sigara paketi sayısı

Günlük tükettiğiniz paket sayısı?

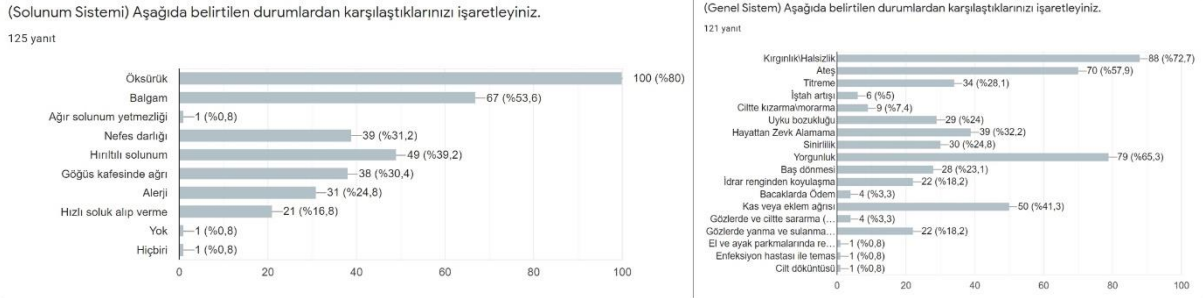
58 yanıt



Şekil 8. Gastrointestinal, KBB ve Kardiyovasküler Sistemler



Şekil 9. Solunum ve Genel Sistemler



2.1.4. Vücut Kitle İndeksinin Bu Araştırma İçin Önemi

Obezite kilo ve boy değerleri alınarak hesaplanır. Hesaplama için kilonun boy değerinin karesine bölünmesiyle (kg/m^2) hesaplanır. Vücut kitle indeksi sonuçlarına göre 30'un üzeri obez, 40'un üzeri morbid obez, 50'nin üzeri süper obez olarak adlandırılır (Acıbadem, 2021). Obezlik ya da aşırı zayıflık gibi durumların hangi hastalıklarda ne derece etkisi olduğu değerlendirilmiştir.

Vücut kitle indeksi(VKİ) hesaplaması, obeziteyi hesaplamak için tüm dünyada standart olarak kullanılmaktadır. VKİ hesaplanırken; kişinin kilogram cinsinden ağırlığının ölçüsü, kişinin metre cinsinden boy uzunluğunun karesine bölünür (kg/m^2).

18,5 kg/m^2 'den düşük bireyler: Zayıf birey

18.5 – 24,9 kg/m^2 . Arasındaki bireyler: Normal kilolu birey

25 – 29,9 kg/m^2 . Arasındaki bireyler: Fazla kilolu birey

30 – 39,9 kg/m^2 . Arasında bireyler: Obez birey

40 kg/m^2 'nin Üzerinde bireyler: İleri derecede obez birey(morbid obez), olarak tanımlanır.

2.1.5. Öykü (Anamnez) Alma ile Alınan Verilerin Anlatlandırılmasında Metin Temizleme

Bu çalışmada anamnez ile alınan verilerden eğitim kümeleri oluşturulmuştur. Bu eğitim kümeleri üzerinde ön işleme (kelime ayrıştırma, etkisiz sözcükleri (stop word) eleme, eş anlamlıları bulma, tekrar eden karakterlerin elenmesi, yanlış yazılmış kelime düzeltme, kök bulma) çalışması yapılmıştır. Aşağıda tüm adımlar tek tek verilmiştir.

2.1.5.1. Ön İşleme

Dil işleme algoritmalarını kullanmadan önce, üzerinde çeşitli ön işleme işlemleri gerçekleştirilir. Bunun nedeni, metinleri arındırmaktır. Ön işleme aşamasında her bir satırdaki hastalığın anamnez sonuçlarına göre metin tek bir bütün olarak değil

gruplara ayrılarak aşama aşama ön işleme adımlarına geçilir. Ayrılan gruplarda eğer tekli bir seçim varsa; yalnızca tek bir cevap var/yok olarak değerlendirilerek oluşturulan dosyaya (.csv, .xml) yeni bir veri olarak eklenir. Grup içerisinde birden fazla çoklu seçim olduğu durumda öncelikle çoklu seçim tek bir seçim olacak şekilde indirgenmesi yapılarak her cevap ayrı ayrı oluşturulan dosyaya (.csv, .xml) yeni bir veri olarak eklenir. Cevaplanan kısım diğer kısmı içerisinde yer alıyorsa önce sözcüklere ayırma ("tokenizing") işlemi uygulanır. Daha sonra metinler küçük harflere dönüştürülür, sayı filtresi ile rakamlar temizlenir. Kelimeler köklerine ayrılır ("stemming"). Cümlelerdeki durdurma kelimeleri ("stop words") ve terim ağırlıklandırma ile bilgi sağlamayan gereksiz kelimeler temizlenir. Eğer bir anket çalışması yerine yalnızca alınan cevaplara göre öğrenme işlemi gerçekleştirilecek olursa yine aynı ön işleme işlemlerinin gerçekleştirilmesi büyük önem arz ettiği unutulmamalıdır. Konuyla ilgili hangi dilde kontrol yapılacaksa bir sözlük ("vocabulary") içerisinde kelimenin o sözlükte yer alıp almadığı kontrol edilir ve karar verilir.

Metin ön işleme aşamasında, metin koleksiyonunun işleme hazır hale gelmesi amaçlanır. Bu doğrultuda; işaretleme, sözlük oluşturma, sonuca etki etmeyecek kelimeleri (stopwords) ayıklama, kelime köklerini bulma gibi işlemler yapılır. İş yükünü azaltmak için özellik seçimi yapılarak doğru sonuca ulaştırılacak veriler seçilir (Oğuzlar, 2011).

2.1.5.1.1. Stem

Stem İngilizce'de kelimenin kökü anlamındadır. Fakat tam olarak Türkçe'deki kelime kökü anlamını karşılamaz. Bir metinde bulunan "yer", "yemek", "yeter" sözcükleri için stemming yapıldığında, üç kelimenin de kökü "ye-" olarak kabul edilir.

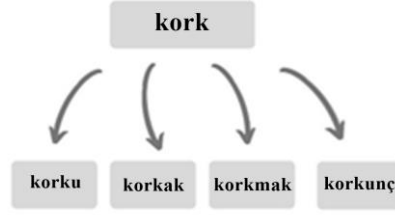
2.1.5.1.2. Root

Türkçe'deki anlam taşıyan kelime köküne karşılık gelir.

2.1.5.1.3. Stemming (Kök Bulma)

Stemming kelimenin “stem”ini yani kökünü bulma işlemidir. Stemming NLP uygulanan dilin yapısına göre değişiklik gösterir.

Şekil 10. Stemming kök bulunması (Sirsat, 2013).



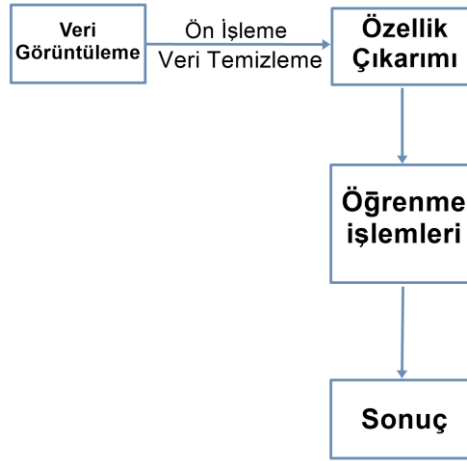
2.1.5.1.4. Lemmatization

Lemmatization kelimeleri morfolojik olarak inceler. Örnek olarak “Geliyorlar” kelimesi, gelmek fiilinin üçüncü çoğul şahıs geniş zamanda fiil çekiminden oluşur. Kelimenin fiil çekimi yapılmamış salt haline lemma denmektedir. “gelmek” bir lemmadır denir. Lemmatization algoritmaları çalışma esnasında bir sözlüğe gereksinim duyarlar.

2.1.5.1.5. Tokenizing

Sözcüklere ayırma yapılırken bir cümle, anlamlı daha küçük parçalara ayrılır. Sözcüklere örnek olarak semboller, kelimeler, deyimler gösterilebilir. Kullanılan ayrıştırma aracına (“tokenizer”) göre ayrıştırma yöntemleri değişmektedir.

Şekil 11. Ön İşleme Şekli (Dashtipour, 2016).



2.1.6. Anamnez ile Alınan Sonuçların Kategorik Hale Getirilip Eğitilmesi

Anketten alınan her bir soru değerlendirilir eğer çoklu seçim varsa her bir soruya karşılık gelecek şekilde kategorik hale getirilir. Ön işleme aşamaları uygulanarak kategorik hale getirilen anamnez sonuçları, hastalık ismine göre sınıflandırılıp eğitim için kullanılır. Kategorik hale getirilirken alınan boy ve kilo bilgisinden vücut kitle indeksi hesaplanır. Her bir cevaba göre vücut kitle indeksi sonuçları değerlendirilmeye dahil edilir.

Sistemlerin gözden geçirilmesi altında yer alan tüm veriler çoklu bir kategori haline dönüştürülerek öğrenme metodlarına verilir. Hasta ya da hastalığı geçirmiş olan hastalardan alınan verilerden örnek bir çalışma aşağıda gösterilmiştir.

Ateş, öksürük, nefes darlığı, boğaz ağrısı, baş ağrısı, kas ağrıları, tat ve koku alma kaybı veya ishal belirti ve bulgularından en az biri bulunması durumunda Covid-19 olabileceği düşünülmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2020).

Anamnez sırasında hastalara rahatsızlığı sorulduğunda, genelde bir tanı söyleyerek yakınmalarını anlatırlar, fakat hekimin anamnez alırkenki amacı hastanın semptomlarını öğrenmektir. Hekim, semptomların zaman içindeki gelişimini, nelerle tetiklenip nelerle rahatladığını değerlendirir. Böylece hastanın yakınmalarını tek tek belirleyerek ana semptomları ve eşlik eden semptomları sınıflandırır (ÖZTÜRK). Aşağıda belirtilen kategorik sonuç tabloları hastalardan solunum öyküsü sorusu altındaki cevaplardan alınmıştır. Solunum öyküsü semptomları örnek tablo olarak Tablo 9 ve Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 9. Anketten Alınan Öykü ile Verilerin Kategorik Hale Getirilmesi Örneği

	Kırgınlık	Ateş	Eklem Ağrısı	Öksürük	Nefes Darlığı
Covid – 19	+	+	+	+	+
Mev. Grip	+	+	+	+	
Astım	+		+		+
Koah				+	+
Zatürre				+	
Akut Bronşit	+	+		+	+
Hepatit A-B-C					

Tablo 10. Anketten Alınan Öykü ile Verilerin Kategorik Hale Getirilmesi Örneği

	Boğaz Ağrısı	Burun Akıntısı	Baş Ağrısı	İshal	Kusma
Covid – 19	+	+	+	+	
Mev. Grip	+	+	+		
Astım			+		
Koah					
Zatürre	+			+	
Akut Bronşit		+	+		
Hepatit A-B-C					

Koah, astım, akut bronşit, zatürre, mevsimsel grip, Hepatit A-B-C ve Covid-19 hastalıklarının kategorik hale getirilip veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setinin %25 oranında test veri seti oluşturularak doğruluk oranı belirlenmeye çalışılmıştır.

2.2. Öykü'den (ANAMNEZ) Alınan Veriler ile Eğitim ve Öğrenme İşlemleri

2.2.1. Öğrenme Süreci

Alınan verilerden Karar Ağaçları (Decision Trees), Topluluk (Ensemble) Öğrenme Yöntemleri olan Torbalama (Bagging) ve Artırma (Boosting) kullanılarak öğrenme yöntemleri uygulanmıştır.

Karar ağaçları ağaca benzer bir yapıda olduğu için isimlendirilmesi karar ağacı olarak adlandırılır. Bir karar ağacı basitçe bir soru sorar ve cevaba göre (Evet / Hayır) ağacı alt ağaçlara ayırır. Karar ağaçlarının, diğer sınıflama tekniklerine göre en önemli üstün tarafı, bilgiden çıkarılan kuralın anlaşılır bir şekilde yazılabilmesidir (TORAMAN, 2007).

Random Forest, farklı ağaç türlerine sahip bir toplu karar ağacı sınıflandırıcısıdır. Bölünmeyi belirlemek için her düğümde rastgele bir özellik dizisi kullanılarak ayrı bir karar ağacı üretilir. Her ağaç, alınan rastgele bir vektörün değerlerine dayanır. Ağaçları yükseltmek için CART yaklaşımı kullanılır. Mümkün

olan maksimum boyuta yükseltilebilir ve budanmazlar. Random Forest, girdi özelliklerinden rastgele doğrusal kombinasyonları kullanır. Özelliklerin bir alt kümesini rastgele seçmez, ancak özelliklerin doğrusal bir kombinasyonu olan yeni öznitelikler oluşturur (Yaman, 2019).

Artırma (Boosting) birbirini tamamlayan modelleri bulmaya çalışarak bu fikirden yararlanmak için birden fazla modeli birleştirmek için kullanılır. Bu, sayısal tahmini tek bir modele göre sınıflandırmak veya ortalamak için oylamadan yararlanması açısından torbalamaya benzer. Diğer bir benzerlik ise, karar ağaçları gibi aynı türden modelleri bir araya getirmesidir. Boosting, yeni modelleri güçlendirir, böylece öncekiler tarafından yanlış şekilde kontrol edilen durumlar için uzman olurlar (Yaman, 2019).

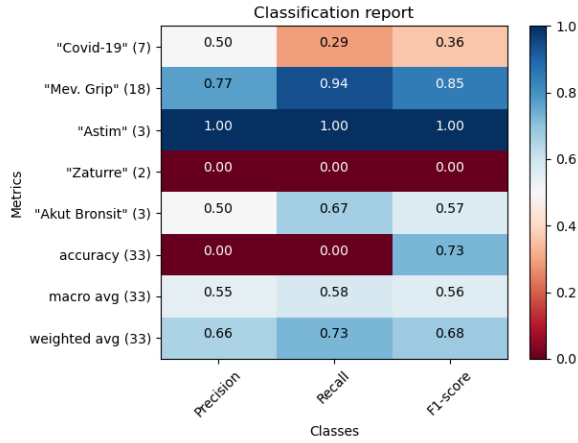
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Öykü'den (ANAMNEZ) Alınan Veriler ile Kullanılan Algoritmaların Sonuçları

3.1.1. Decision Tree (Karar Ağaçları)

Karar ağaçları, diğer algoritmalarla oranla veri temizlemeye daha az ihtiyaç duymaktadır. Şekil 12'da görüldüğü üzere karar ağacı ile yapılmış sınıflandırma raporu yer almaktadır.

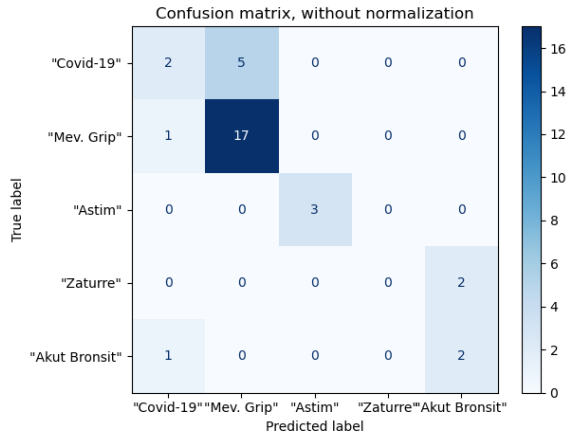
Şekil 12. Karar Ağacı Sınıflandırma Raporu



Toplamda 33 test verisi ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 13'de görüldüğü üzere karar ağacı

algoritmasından çıkan sonuç olan Karar Ağacı Hata Matrisi yer almaktadır.

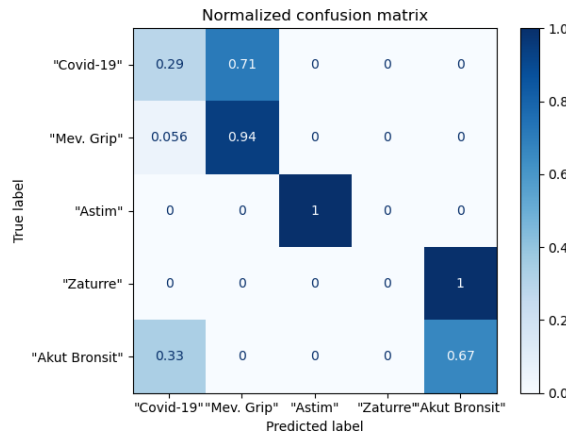
Şekil 13. Karar Ağacı Hata Matrisi



Karar ağacı algoritması sonucunda normalize edilmiş hata matrisi elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar Karar Ağacı Normalleştirilmiş Hata Matrisi Şekil 14'de verilmiştir.

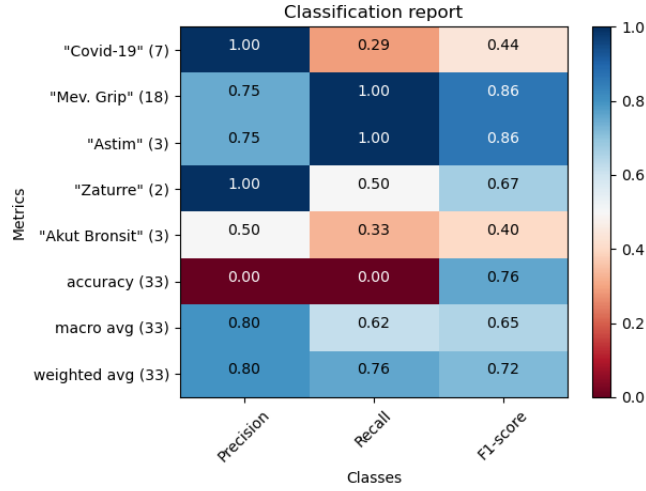
Şekil 14. Karar Ağacı Normalleştirilmiş Hata Matrisi



Anamnez ile alınan verilerin kategorik hale getirilmesinden sonra Random Forest algoritması kullanılarak verilerin öğrenme işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen öğrenme işlemi sırasında ölçüt olarak entropi ve gini ölçütleri kullanılarak testler

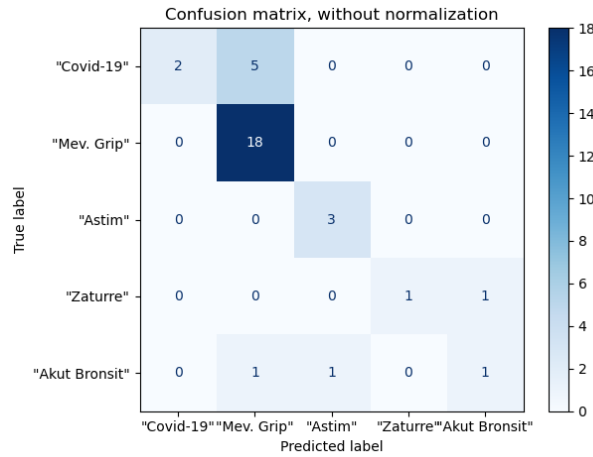
yapılmıştır. Random Forest algoritması ve entropi ölçütü ile öğrenme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan öğrenme işleminde çıkan sonuçların sınıflandırma raporu Şekil 15’de yer almaktadır.

Şekil 15. Random Forest ve Entropi Ölçütü ile Sınıflandırma Raporu

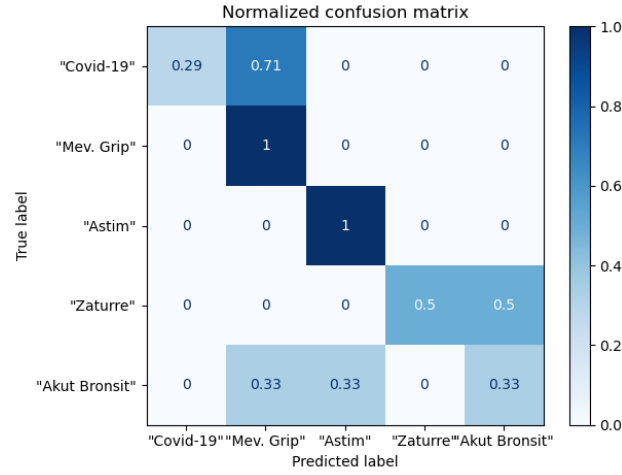


Random Forest algoritması kullanılıp entropi ölçütü ile yapılan öğrenme işlemi sonuçları, normalleştirilmiş hata matrisi ve hata matrisi şeklinde Şekil 16’da ve Şekil 17’de yer almaktadır.

Şekil 16. Random Forest ve Entropi Ölçütü ile Hata Matrisi



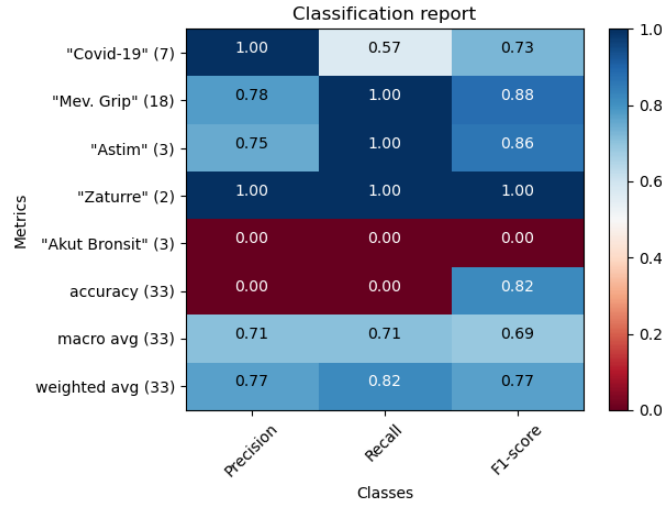
Şekil 17. Random Forest ve Entropi Ölçütü ile Normalleştirilmiş Hata Matrisi



Random Forest algoritması kullanılıp Gini ölçütü ile yapılan öğrenme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

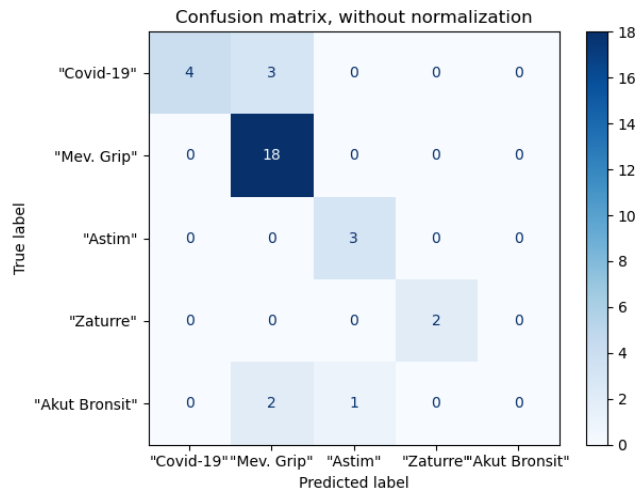
Gini ölçütü ile yapılan öğrenme işleminde çıkan sonuçlara Şekil 18'de yer verilmiştir.

Şekil 18. Random Forest ve Gini Ölçütü ile Sınıflandırma Raporu

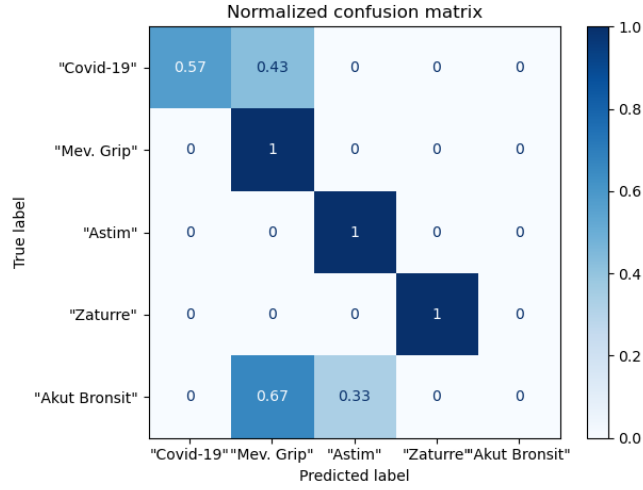


Random Forest algoritması ve Gini ölçütü kullanılarak yapılan öğrenme işlemi sonuçları, normalleştirilmiş hata matrisi ve hata matrisi şeklinde Şekil 19 ve Şekil 20'te yer almaktadır.

Şekil 19. Random Forest ve Gini Ölçütü ile Hata Matrisi



Şekil 20. Random Forest ve Gini Ölçütü ile Normalleştirilmiş Hata Matrisi

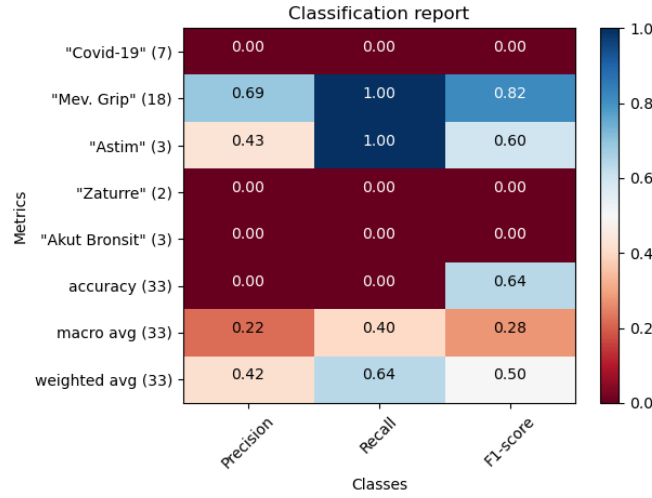


3.1.2. Artırma (Boosting)

Anamnez ile alınan verilerden Adaboost algoritması kullanılarak verilerin öğrenme işlemi gerçekleştirilmiştir.

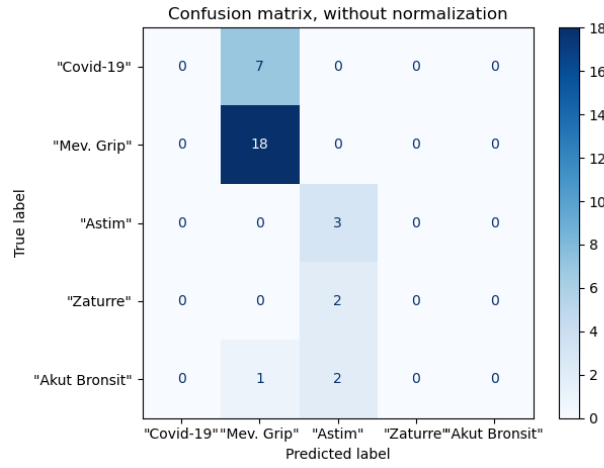
Gerçekleştirilen öğrenme işlemi sırasında ölçüt olarak öğrenme sabiti "1.0" kullanılarak testler yapılmıştır. Öğrenme işleminden sonra çıkan sonuçlar Şekil 21'de yer almaktadır.

Şekil 21. Adaboost Algoritması ve Öğrenme Sabiti "1.0" ile Sınıflandırma Raporu

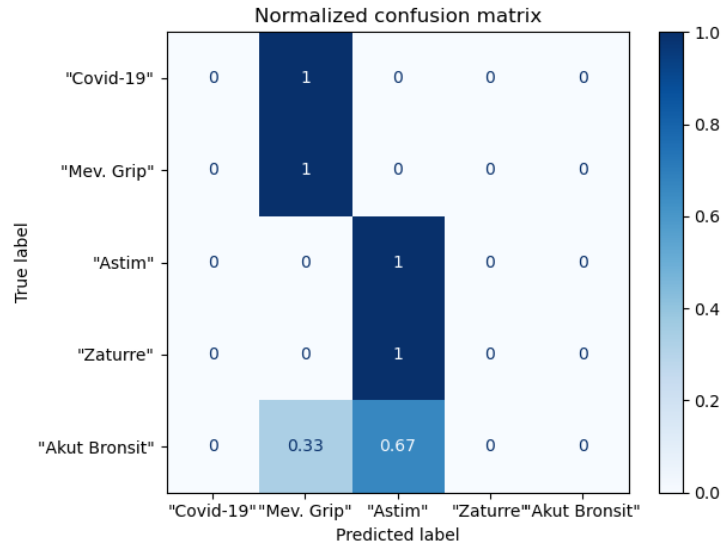


Adaboost algoritması kullanılarak yapılan öğrenme işlemi sonuçları, normalleştirilmiş hata matrisi ve hata matrisi şeklinde Şekil 22 ve Şekil 23'de yer almaktadır.

Şekil 22. Adaboost Algoritması ve Öğrenme Sabiti "1.0" ile Hata Matrisi



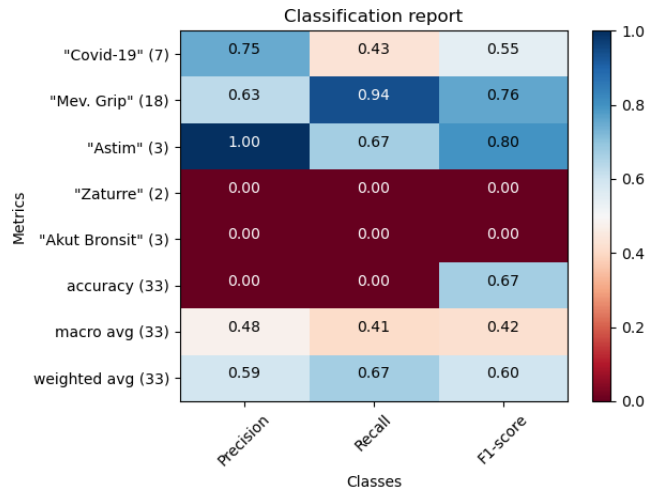
23. Adaboost Algoritması ve Öğrenme Sabiti "1.0" ile Normalleştirilmiş Hata Matrisi



Adaboost algoritması ile gerçekleştirilen öğrenme işlemi sırasında ölçüt olarak öğrenme sabiti "0.5" kullanılarak testler

yapılmıştır. Öğrenme işleminden sonra çıkan sonuçlara Şekil 24'de yer verilmiştir.

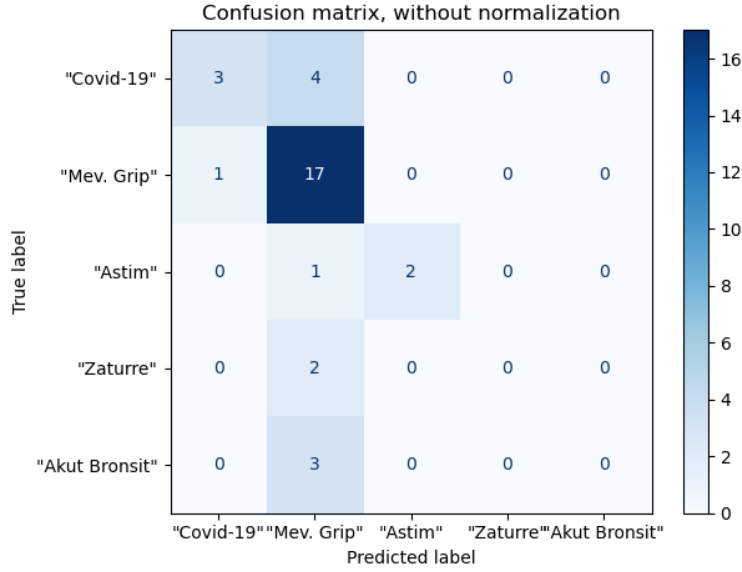
24. Adaboost Algoritması ve Öğrenme Sabiti "0.5" ile Sınıflandırma Raporu



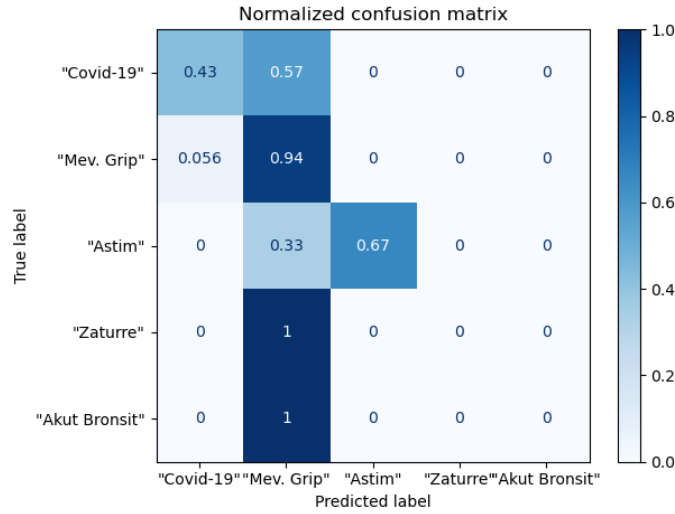
Adaboost algoritması ile gerçekleştirilen öğrenme işlemi sırasında ölçüt olarak öğrenme sabiti "0.5" kullanılarak yapılan

öğrenme işlemi sonuçları, Normalleştirilmiş hata matrisi ve hata matrisi şeklinde Şekil 25 ve Şekil 26'da yer almaktadır.

25. Adaboost Algoritması ve Öğrenme Sabiti "0.5" ile Sınıflandırma Raporu



26. Adaboost Algoritması ve Öğrenme Sabiti "0.5" ile Normalleştirilmiş Hata Matrisi



4. Sonuç

Bu makalede Karar Ağaçları, Torbalama ve Artırma gibi teknikler kullanılmıştır. Bu teknolojiler gelecekte belki de herhangi bir doktorun varlığına ya da yardımına ihtiyaç duymadan birçok hastalığın tedavi ve tanı yöntemlerinde kullanılacaktır.

Yapılan çalışmaya göre hasta öyküsü almanın (Anamnez) büyük bir önemi olduğu görülmüştür. Doğru alınan öykü ile birçok hastalığın erken aşamada tanısı gerçekleştirilerek

hastalığın erken safhasında tedaviye başlanması sağlanabilir. Hayati önem arz eden birçok hastalık çeşidi (az veri setinin bulunduğu durumlarda bile) bu makaledeki yöntemler kullanılarak doğru şekilde tanınabilir ve yüksek doğruluk oranına sahip, hekime yardımcı bir tanı koyma sistemi olarak kullanılabilir. Aşağıdaki tabloda bu makalede kullanılan yöntemlerin doğruluk oranları gösterilmektedir.

Tablo 11. Algoritmaların Doğruluk Oranları

	Doğruluk Oranları	
Karar Ağaçları (Decision Tree)	0.73	
Random Forest Algoritması	Entropi	Gini
	0.76	0.82
Adaboost Algoritması	Öğrenme Sabiti = 1.0	Öğrenme Sabiti = 0.5
	0.64	0.67

Aynı zamanda günümüzdeki pandemi dönemi gibi yeterli sağlık personeline ulaşılmamasının zor olduğu durumlarda bu sistem ile gelişmiş bir teknolojik alt yapı oluşturularak belirli hastalıkların tesbiti yapılabilir. Gelecekte, sağlık sektöründe yapılacak teknolojik alt yapı çalışmaları ile bir bölümü yapay zeka teknolojilerinden yararlanarak çok daha hızlı ve doğru hastalık tanısı koyarak hastanın en doğru şekilde iyileşme süreci sağlanacaktır.

Kaynakça

- Acıbadem. (2021, şubat). acıbadem. acıbadem: <https://www.acıbadem.com.tr/ilgi-alani/vucut-kitle-indeksi-hesaplama/#genel-tanitim> adresinden alındı
- Alçelik, A. (2016). Anamnez Hikaye Alma.
- Atharva Bankar, Kewal Padamwar, Aditi Jahagirdar (Ocak 2021), Symptom Analysis using a Machine Learning approach for Early Stage Lung Cancer, 2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)
- Berna Arı , Ali Arı, Abdulkadir Şengür (Mart 2020), Suicide Prediction from Hemogram with Machine Learning, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi
- Choi, S. (2020). An Ensemble Learner-Based Bagging Model Using Past Output Data for Photovoltaic Forecasting. energies.
- Dashtipour, K. (2016). Multilingual Sentiment Analysis: State of the Art and Independent Comparison of Techniques.
- Dhiyaussalam, Adi Wibowo, Fajar Agung Nugroho, Eko Adi Sarwoko, I Made Agus Setiawan (December 2020), Classification of Headache Disorder Using Random Forest Algorithm, 2020 4th International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)
- Fakültesi, A. Ü. (2016). Tıbbi Hikaye ve Fizik Muayene Pratik Soru Örnekleri ve Yanıtları.
- Guan-Hua Huang, Chih-Hsuan Lin, Yu-Ren Cai, Tai-Been Chen, Shih-Yen Hsu, Nan-Han Lu (Ağustos 2020), Multiclass machine learning classification of functional brain images for Parkinson's disease stage prediction, Ministry of Science and Technology, Taiwan
- George Monks, Ryan Rivera-Oyola, Mark Lebwohl (2021), The Psoriasis Decision Tree , J Clin Aesthet Dermatol.
- İbrahim Türkoğlu ve Suat Toraman (Ağustos 2007), Karar Ağaçları ve Fraktal Analiz Kullanarak Histopatolojik İmgelerin Sınıflandırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.
- Kellner, T. (2017, 12 04). ge: <https://www.ge.com/news/reports/ai-healthcare-expert-doctors-machines-make-brilliant-match> adresinden alındı
- Kellner, T. (2017, Aralık). AI Healthcare Expert: Doctors And Machines Make A Brilliant Match. <https://www.ge.com/news/reports/ai-healthcare-expert-doctors-machines-make-brilliant-match>. adresinden alındı
- Kılınç, D. (2016). The Effect of Ensemble Learning Models on Turkish Text Classification. CBÜ Fen Bil. Dergi., Cilt 12, Sayı 2, 215-220 s.
- Lupaşcu, C. A., Tegolo, D., & Trucco, E. (2013). Accurate estimation of retinal vessel width using bagged decision trees and an extended multiresolution Hermite model. Medical image analysis
- Nalçacı, R. (2015). Anamnez Formu.
- Oğuzlar, A. (2011). Temel metin madenciliği.
- Oya Kayacan, Ö. K. (2018). Göğüs Hastalıklarında Anamnez Ve Fizik Muayene.
- ÖZTÜRK, N. A. (tarih yok). SOLUNUM SİSTEMİ HASTALIKLARINDA ANAMNEZ VE BAŞLICA SEMPTOMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.
- Saad, M. (2019, 12). mksaad.wordpress. mksaad. adresinden alındı
- Sağlık Bakanlığı, T. (2020). Covid-19 GENEL BİLGİLER, EPİDEMİYOLOJİ VE TANI.
- Sevinç, S. (2006). Kardiyovasküler Sistemin Değerlendirilmesi. Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi.
- Sirsat, S. R. (2013). Strength and Accuracy Analysis of Affix Removal. International Journal of Computer Science and Information Technologies.
- STEFANOWSKI, J. (2010). Discovering Decision Trees. Institute of Computing Science Poznań University of Technology.
- Taçnur İlaslaner, Ayşegül Güven (Kasım 2019), Investigation of the Effects Biochemistry on Iron Deficiency Anemia, Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)
- Tarhan, Ö. R. (2015). turkcerahi.com. adresinden alındı
- TORAMAN, İ. T. (2007). KARAR AĞAÇLARI VE FRAKTAL ANALİZ KULLANARAK HİSTOPATOLOJİK İMGELERİN SINIFLANDIRILMASI . Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.
- Uygun, A. (2009). Tıbbın Olmazsa Olmazı Fizik Muayeneyi İhmal mi Ediyoruz? Ankara: Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Gastroenteroloji Kliniği.
- V. Bhargavi Rao, David Schellenberg, Azra C. Ghani (Temmuz 2013), The Potential Impact of Improving Appropriate Treatment for Fever on Malaria and Non-Malarial Febrile Illness Management in Under-5s: A Decision-Tree Modelling Approach
- Vidit Lajawala; Aadesh Aachaliya; Hardik Jatta; Vijaya Pinjarkar (Temmuz 2020), Classification Algorithms based Mental Health Prediction using Data Mining, 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)
- Yaman, E. (2019). Comparison of Bagging and Boosting Ensemble Machine Learning Methods for Automated EMG Signal Classification. Hindawi BioMed Research International .



Internet of Things Based Smart Medicine Mobile Application

Azra Nur Gür^{1*}, Eda Saydam², Zeynep Öztemur³, Mustafa Alper Akkaş⁴

^{1*} Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0361-0325), nurgur@gmail.com

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2251-4980), sydmeda12@gmail.com

³ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2899-1240), zeynepoztemur-b@tubitak.gov.tr

⁴ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0185-0464), alperakkas@ibu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.954526)

ATIF/REFERENCE: Gür, A. N., Saydam, E., Öztemur, Z. & Akkaş, M. A. (2021). Internet of Things Based Smart Medicine Mobile Application. *European Journal of Science and Technology*, (26), 117-121.

Abstract

Technological developments in recent years bring important effects in the health sector as well as in all sectors. However, the global population is aging, the number of chronic diseases is increasing, and there is also an increase in health expenditures and patient drug use. This situation significantly affects access to health and puts emphasis on developing technology by bringing issues such as speed, quality and cost into the agenda in the field of health. Internet of Things supported devices provide the opportunity to keep patients safe and healthy by making it possible to monitor them remotely in the healthcare sector. In addition, thanks to the remote monitoring of patients, the follow-up of drug use is made more easily and the efficiency of the treatment is increased. In this study, in the context of the issues mentioned above, information was given about the general literature on the Internet of Things of and especially the tracking of drug use in the field of health, and the Smart Drug Tracking Application, developed for the purpose of tracking drugs in line with the personal data of the users, was technically explained.

Keywords: Internet of Things (IoT), Health Information Systems, Medical Devices, Drug Tracking System, Covid19.

Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı İlaç Mobil Uygulaması

Öz

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler tüm sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de önemli etkileri beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, küresel nüfus yaşlanmakta, kronik hastalıkların sayısı artmakta ve sağlık harcamalarında ve hastaların ilaç kullanımında da artış meydana gelmektedir. Bu durum sağlığa erişimi önemli ölçüde etkilemekte ve sağlık alanında hız, kalite ve maliyet gibi hususları gündeme getirerek gelişen teknolojiye vurgu yapmaktadır. Nesnelerin interneti destekli cihazlar sağlık sektöründe uzaktan izlemeyi mümkün kılarak, hastaları güvenli ve sağlıklı tutma olanağı sunmaktadır. Bunun yanı sıra, hastaların uzaktan takip edilebilmesi sayesinde ilaç kullanımının takibi de daha rahat yapılmakta ve tedavinin verimi de arttırılmaktadır. Bu çalışmada yukarıda ifade edilen hususlar bağlamında nesnelerin interneti ile ilgili genel literatür ve sağlık alanında özellikle ilaç kullanımının takip edilmesi konusunda bilgi verilmiş, kullanıcıların kişisel verileri doğrultusunda ilaç takibinin yapılabilmesi amacıyla geliştirilmiş Akıllı İlaç Takip Uygulaması teknik olarak açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti (IoT), Sağlık Bilgi Sistemleri, Medikal Cihazlar, İlaç Takip Sistemi, Covid19.

* Corresponding Author: nurgur@gmail.com

1. Introduction

According to the definition of the World Health Organization, the drug defines as "the product used to change or examine physiological systems and pathological (disease causing) conditions for the benefit of the user"(Cingi,1996). In recent years, drug use has become arguably the most important part of the healthcare industry. After the pharmaceutical revolution in the medical sector, drug consumption has increased rapidly due to the factors that every segment of the society can benefit from health services more easily, drugs are more accessible compared to the past, and the demand for drugs has also increased. In addition, many negative factors such as environmental pollution, smoking, alcohol, increased consumption of harmful foodstuffs and stress facilitated the emergence of new diseases, which triggered an increase in consumption. (Özata et al., 2008: 530) The fact that diseases that could not be cured in the past years can now be treated, especially in today's advanced technology, has led to the introduction of many new drugs to the pharmaceutical industry. The increase in drugs and treatment methods has also increased the drug consumption once again.(A.Yılmaztürk, 2013)The fact that diseases that could not be cured in the past years can now be treated, especially in today's advanced technology, has led to the introduction of many new drugs to the pharmaceutical industry. The increase in drugs and treatment methods has also increased the drug consumption once again. (Özata et al., 2008: 530)

With this project, we aim to take the drug treatment process of patients under control. With a smart medicine box, we track whether the patient takes their medication or not, and if not, we send a reminder notification to the mobile phone application. Thus, we prevent disruption in the treatment process or short-term drug use of diseases such as diabetes, heart, COPD, alzheimer, blood pressure, dementia ("Drug Use Behaviors", 2009).

2. Literature Study

Internet of Things (IoT); can be defined as a network structure where devices or machines send data, collect information and decide with the collected information without the need for human intervention, it is the situation where objects used in daily life can exchange data with other objects via the internet and these objects are in complete synchronization with each other. Advances in information, telecommunications and network technologies play an important role in healthcare and contribute to the development of medical information systems. With the convergence of medicine and information technologies, healthcare services are also entering a transformation process and their outputs are decreasing costs, decreasing inefficiencies and most importantly, prolonging life expectancy (Dimitrov, 2016). Nowadays, the increasing use of smart devices and communication applications in monitoring healthcare professionals, patients and the health sector are also increasing. (Sezer, 2018) Industrial objects have an healthcare services and their effects on the activities of attractive impressive effect of the health sector country. In other words, medical care services and health services have attractive application areas for the IoT. IoT provides important applications such as remote health monitoring, fitness programs, chronic diseases and care. In addition, home treatment and compliance is another important practice for healthcare professionals. In this case, various medical devices, sensors and diagnostic and imaging devices can

be counted as Smart devices or objects (Islam et al., 2015). IoT in Health; Provided to take control of health and safety by sharing critical patient information and providing written devices and sensors in relevant resources. In this process, you can obtain data flow between smart phone devices, data related to devices and electronic devices for real-time patient imaging such as vital signs.

3. Materials and Methods

3.1. Technologies and Methods

The aim of developing the smart medicine box project is to ensure that patients who are using drugs can take their medicines regularly and correctly thanks to the application and medicine box we have developed. Software, database and technology options that we can use for the development of the project have been investigated. A mobile application has been designed so that users can easily access the platform to be developed anytime and anywhere. The first prototype of the system was implemented on the Android operating system, for this Android Studio, an Android software development environment, was used. Java language was used as the programming language in Android Studio. Android is an open source mobile operating system developed by Google, the Open Handset Alliance and the free software community. The developed software model has been executed and stored on GitHub (GitHub, 2021). Thanks to the Git version control system, it provides convenience for software developers to work in cooperation. At the same time, the changes made to the application software are continuously monitored. The health component we use for our project is the medicine box. Our medicine box works with the Bluetooth Module system. After the drug intake status is indicated with the button, it will be transferred to the application via the bluetooth module. Thus, data communication between the application and the drug box will be provided by bluetooth.

Firestore platform developed by Google was used for recording and storing data in the system (Firestore, 2021). The most important point of the advantages of the Firestore environment is that it can work quite compatible with the Android environment. At the same time, high resource access is one of its plus aspects. In addition to its free usage opportunity, Firestore supports applications such as application management, usage tracking, data storage, sending notifications without the need to write another server or server-side code

3.2. Intelligent Drug Box and Drug Tracking System

In the design of the smart medicine box, it consists of 2 main sections, medicine and alarm, so that medication can be monitored every day of the week and every meal (morning-noon-evening) in a controlled manner. The medicine section includes 21 medicine compartments on the left front of the box. Alarm part consists of Buzzer, LCD screen and Button. The drug information taken from the box is provided with the button. Audible warning signals are sent with the buzzer system on the medicine box. An example of a smart medicine box is shown in Figure 1.



Figure1. Example of Smart Medicine Box

With the smart medicine box, the medication follow-up of the patients will be able to be followed in a controlled manner. In the system we have developed, medication will be monitored without the application, together with the box. When the patient's medication time comes, the buzzer on the box will start to ring. Simultaneously, a notification will be sent to the user's phone from the application. In case the patient presses the button after taking their medication, the buzzer will stop playing and send the medication receipt information to the application. The flow chart of the project is shown in Figure 2.

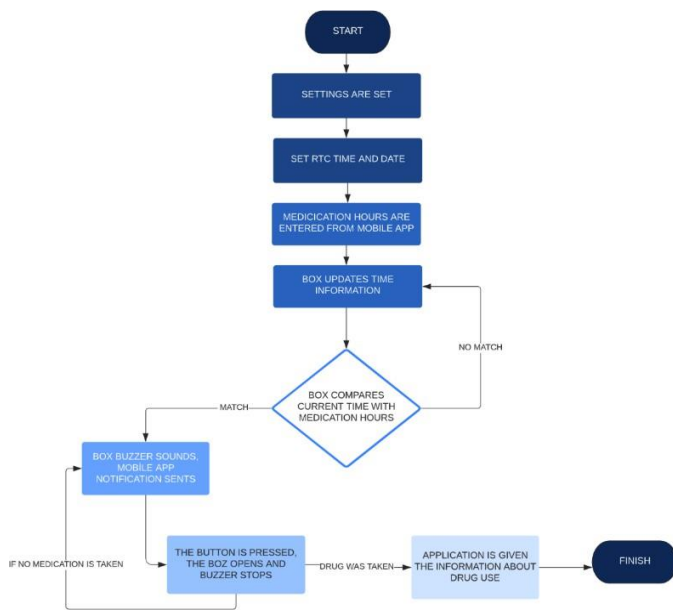


Figure2. Flow Chart Of The Project

3.2.1 Backend Development

While developing the backend, firstly, researches were made on the database, which is the most necessary part of the program to work as desired, and the Google Firebase database was selected and installed. Firebase is a very advanced database that can be integrated with Android applications and has a real-time database feature. Firebase session was opened for the project and integrated with the Smart Pill Box project found in Android Studio. When

entering the application, it is necessary to register with your e-mail and password information. For this, users are listed and followed from the Firebase Login section. A database model has been created to keep user information and drug information in relation to each other in the Firebase environment. The database structure created in the Firebase environment for the Smart Pill Box project is shown in Figure 3.

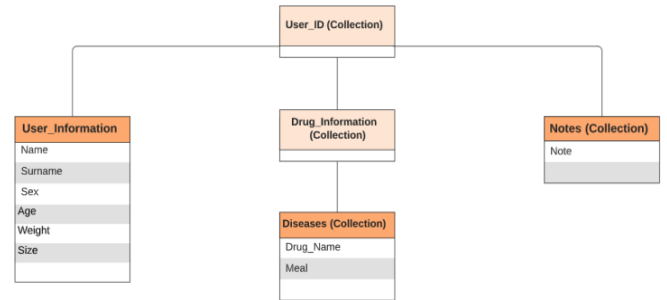


Figure3. Firebase Database Tree

The project has been developed in the Android Studio environment using object-oriented Java programming language. While developing the project, Agile software development method was used. Java classes, packages and architecture belonging to the prototype of the project are shown in Figure 4.

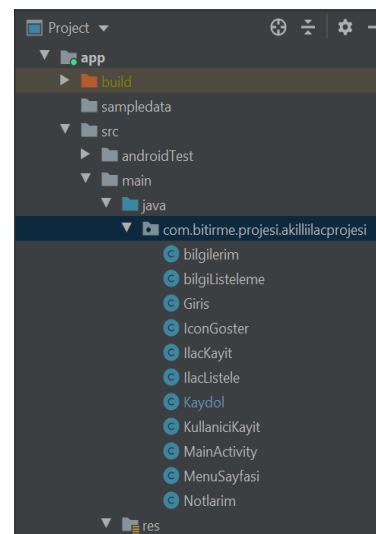


Figure4. Java Classes

3.2.2 Frontend Development

In the developed prototype of the platform, it is determined whether the patient has taken the drugs that should be used, and the data is transferred to the application on the mobile phone. The data transferred to the application is also sent to the cloud from here and is stored permanently.

After downloading the application, the priority is to register on the Platform. During the registration process, the

user completes the registration process by filling in the required information on the screen in Figure 5 (a). After the registration screen, the account in Figure 5 (b) is switched to login to the platform, and the login process is completed by entering the password information via e-mail.

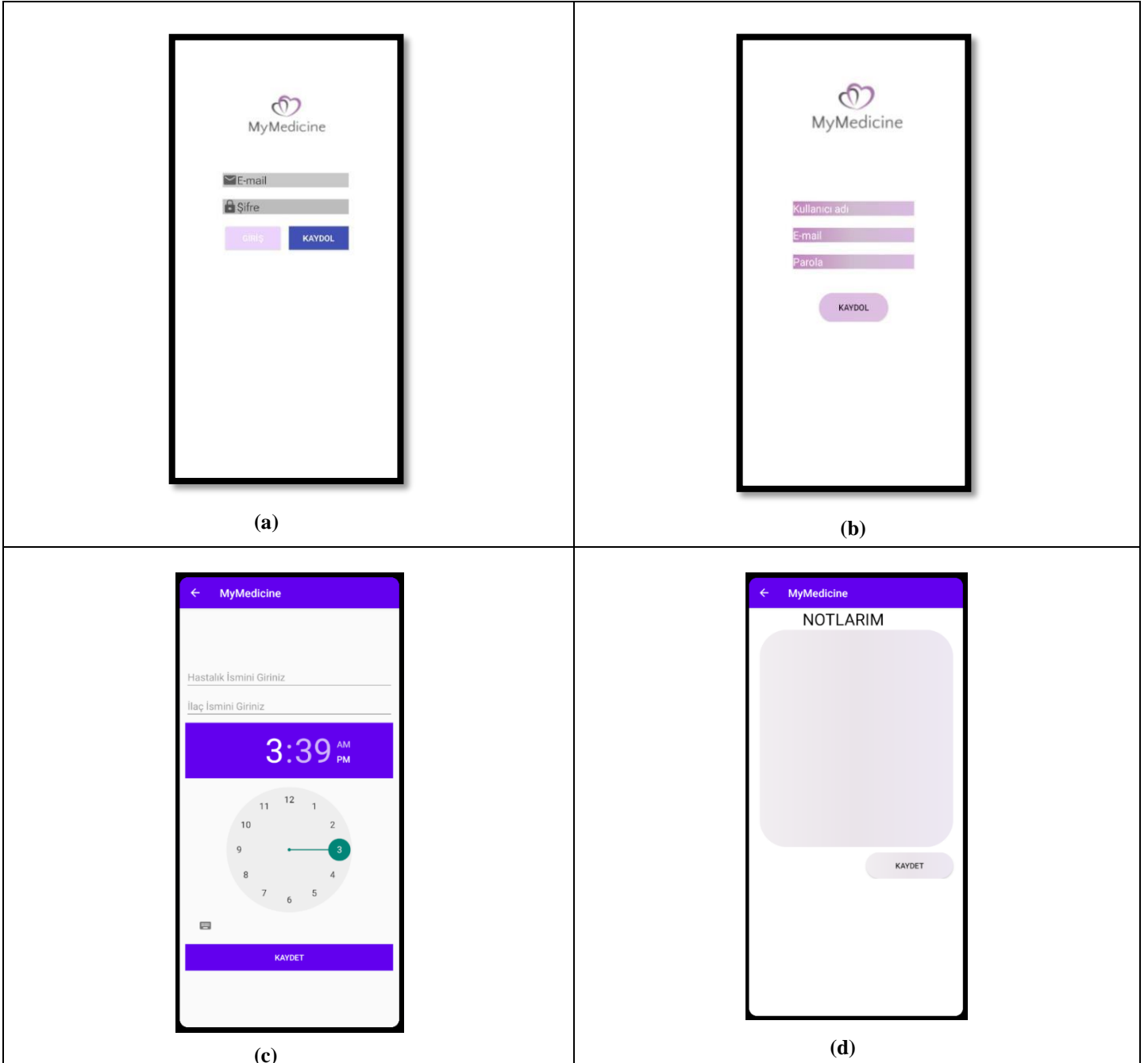


Figure5. Images Of Application

After logging in, the menu page comes across and there are six action options in the menu formula. Personal information (name, surname, weight, height, age) is collected and recorded. In addition, the information entered in this section can be updated at any time with the update button. Add a new drug option has been added so that the user can add the desired drug. In this median, necessary information about the drug is taken and added for alarm. A monitoring program for drugs has been prepared. Here he comes across a calendar and can check the dates he wants. The medicines and diseases entered on my medications are listed. Finally, a section called My Notes has been created for the information that the person wants to receive for himself.

4. Conclusion

In this article, a prototype of a healthcare application developed for the field of health and using IoT technology is described. In the first prototype, a system that is open to everyone's use has been developed, which works as a mobile application that can be used by patients using regular medicines so that they do not forget their medicines. This system will also work integrated with the medicine box produced. During the development of the system, Java programming language was used as the application language for the services to be offered over the MyMedicine platform. Android Studio was used as the realization environment of the platform. The data are kept in the form of personal information, disease and medication information for each user in the database. Firebase Real Time Database is used as database. Users can receive instant notifications with the Notification feature of Firebase technology. Offering a simple and Turkish interface, the platform facilitates the use of elderly patients. With this platform, patients with serious illnesses will also have a personal health diary where they can easily follow their medication and track their illnesses. The notification feature, which is provided by the platform when the medication time comes, facilitates the intervention in advance and it is thought that vital situations can be prevented. In the later processes of the platform, it is planned to include the Covid19 drug tracking feature and a special system that makes daily recommendations in the Covid19 process. Thus, it is planned to be an online health platform that people who have been fighting the Covid19 virus, which has recently entered our lives, can use in this process.

References

- Özgür A., Nurperihan K., (2019) Internet of Things Applications in Healthcare. Ubak International Academy of Sciences 2019/04/19, REPUBLIC 1. INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
- A. Yılmaztürk, "Rational Drug Use in Turkey and the World", Journal of Kastamonu University Faculty of Economics and Administrative Sciences, c. 2, the number. 2, pp. 42-49, Jun. 2013
- Özata, Musa: Aslan, Sebnem and Mete Mustafa (2008), "The Effects of Rational Drug Use on Patient Safety: Determining the Factors Affecting the Rational Use of Drugs by Physicians", II. International Patient Safety Congress, p.530
- Islam SMR, Kwak D, Kabir MDH, Hossain M and Kwak K S. The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. IEEE Access, Vol. 3, 2015; pp. 678-704.
- Sezer, E., Ünalır, M., Yıldız, F., Gümüşkavak, A., Akçay, N .. (2018). Personalized Internet of Things Platform for

- Healthcare. Academic Perspective Procedure, 1 (1), 311-320. DOI: 10.33793 / acperpro.01.01.62
- Dimitrov D. V. (2016). "Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare", Healthcare informatics research, 22(3), p. 156-163.
- GitHub, Last Access : 11 May 2021, Access Link: <https://github.com/>
- Firebase, Last Access : 11 May 2021, Access Link: <https://firebase.google.com/>
- Press Releases "Drug Use Behaviors" of our country were. (2009, 15 July) Access Link: <http://www.ieis.org.tr/ieis/tr/press/14>
- Android Developers, Last Access : 11 May 2021 Access Link: <https://developer.android.com/studio/features>
- Cingi, P. D., Erol, P. D. (1996). Pharmacology. T.R. Anadolu University Publications, p. 2.



FPGA Design of a Fourth Order Elliptic IIR Band-Pass Filter Using LabVIEW

Güner Tatar¹, İhsan Çiçek^{2*}, Salih Bayar³

¹ Fatih Sultan Mehmet Vakıf University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3664-1366),
gtatar@fsm.edu.tr

^{2*} İstinye University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7881-1263),
ihsan.cicek@istinye.edu.tr

³ Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4600-1880),
salih.bayar@marmara.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951601)

ATIF/REFERENCE: Tatar, G., Cicek, I., & Bayar, S. (2021). FPGA Design of a Fourth Order Elliptic Band-Pass Filter Using LabVIEW. *European Journal of Science and Technology*, (26), 122-127.

Abstract

Infinite impulse response filters are often used to meet the demand of modern electrical engineering applications such as image processing, digital signal processing and telecommunications because of the high selectivity and computational efficiency. In mission-critical real-time applications, computational latency is usually intolerable. High-speed processing of data and the coefficients require a digital signal processor or an FPGA instead of a general-purpose microprocessor. In the last two decades, FPGAs have been applied to many fields of signal processing due to parallelism determined scalable performance and run-time reconfigurability. This study presents a LabVIEW driven FPGA hardware design of a fourth-order discrete-time IIR elliptic band-pass filter. The designed filter has 2 kHz low and 2.5 kHz high cut-off frequencies with 1dB pass-band ripple and 80dB stop-band attenuation. The expected behavior of the designed filter has been confirmed by the functional simulation of the developed VHDL model. LabVIEW FPGA resource estimation reports a compact footprint for the proposed design.

Keywords: Digital filter, signal processing, Infinite Impulse Response (IIR), Z-Transform, VHDL, LabVIEW.

LabVIEW Kullanarak Dördüncü Derece Eliptik IIR Bant Geçiren Filtrenin FPGA Tasarımı

Öz

Sonsuz dürtü yanıt filtreleri, yüksek seçicilik ve hesaplama verimliliği nedeniyle görüntü işleme, dijital sinyal işleme ve telekomünikasyon gibi modern elektrik mühendisliği uygulamalarının talebini karşılamak için sıklıkla kullanılır. Görev açısından kritik gerçek zamanlı uygulamalarda, hesaplama gecikmesi genellikle kabul edilemez. Verilerin ve katsayıların yüksek hızda işlenmesi, genel amaçlı bir mikroişlemci yerine bir dijital sinyal işlemcisi veya bir FPGA gerektirir. Son yirmi yılda, FPGA'lar paralellik ile belirlenen ölçeklenebilir performans ve çalışma zamanı yeniden yapılandırılabilirliği nedeniyle birçok sinyal işleme alanına uygulanmıştır. Bu çalışma, dördüncü dereceden ayrık zamanlı IIR eliptik bant geçiren filtrenin LabVIEW tabanlı FPGA donanım tasarımını sunar. Tasarlanan filtre, 1dB geçiş bandı dalgalanması ve 80dB durdurma bandı zayıflaması ile 2 kHz düşük ve 2.5 kHz yüksek kesme frekanslarına sahiptir. Tasarlanan filtrenin beklenen davranışı, geliştirilen VHDL modelinin işlevsel simülasyonu ile doğrulanmıştır. LabVIEW FPGA kaynak tahmini, önerilen tasarım için küçük bir ayak izi rapor etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sayısal filtre, Sinyal işleme, Sonsuz dürtü yanıtı, Z-Dönüşümü, VHDL, LabVIEW.

* Corresponding Author: ihsan.cicek@istinye.edu.tr

1. Introduction

Many analog signal processing applications have evolved into digital format because of the continuous digital evolution. In a typical signal processing chain, we use analog-to-digital converters to quantize analog variables into the digital domain. Then process the digitized information using a CPU, DSP or an FPGA, as shown in Figure 1. Finally, transform the processed signal back into the analog domain by using digital-to-analog converters. Information processing in the digital domain allows advanced algorithms that offer higher performance and more flexibility than analog counterparts fail to provide. As a result of the performance requirements in specific applications, such as real-time systems, processing speed has become an important parameter. FPGA based designs offer low-latency signal processing capability to meet this demand [1-2].

In signal processing applications, filters are used to suppress undesired signals while allowing the signal of interest to pass through. Digital signal processing filters can be implemented using both the infinite impulse response (IIR) or finite impulse response (FIR) approaches [3]. IIR approach is more preferred in practice since it requires less memory, it is easier to implement, and it is faster when compared to the FIR configuration for the same type of filter [4-7]. IIR filters are often used where a linear phase is not required. Although IIR filters have advantages such as low implementation cost, low latency, and analog equivalent compared to FIR filters, they also have some disadvantages such as nonlinear phase characteristics, more detailed analysis requirements, and numerical instability. Even though they have these disadvantages, IIR filters are successfully used in many applications with infinite impulse responses.

On the other hand, FIR filters are frequently used in audio and biomedical signal processing applications where sufficient memory space and linear phase response are required. Their stable response against any arbitrary input signal is one of the essential advantages of the FIR filters. FIR filters have advantages such as stability, linear phase response, and fixed-point performance. However, they also have disadvantages such as excessive delay, high computation and memory requirements, and lack of analog equivalence (Bilinear, matched z-transform) [8-9]. Hardware design time of digital signal processing filters can be a bottleneck for success. Alternative higher-level design flows have been developed by software vendors such as National Instruments and MATLAB to reduce hardware design time. Although conventional hardware description language (HDL) based design flows are still in use today, higher-level synthesis approaches are becoming more popular because of their advantages, such as shorter design time and ease of use.

This study has chosen a fourth order IIR type discrete-time Elliptic filter topology as an example design scenario to compare the conventional HDL-based digital filter design flow against a high-level design approach. The system-level diagram of the designed filter is provided in Figure 1. The filter has 2 kHz low and 2.5 kHz high cut-off frequencies with 1 dB pass-band ripple and 80 dB stop-band attenuation. The characteristics and resource utilization of the designed filters have been evaluated for the two design flows.

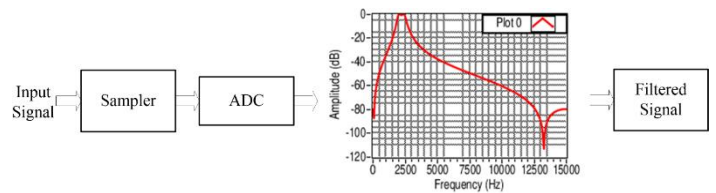


Figure 1. System diagram of the designed elliptic band-pass IIR filter

The paper is organised as follows; In Section II, we explain the design details of the discrete-time IIR elliptic band-pass filter. In Section III, we provide the details of the verification of the discrete-time IIR elliptic band-pass filter. Section IV gives the algorithmic flowchart and FPGA implementation result, and finally, we discussed results and presented future work in Section V.

2. Design of the Discrete-Time Elliptic Band-Pass IIR Filter

Band-pass filters allow signals in the band-pass region to go through and attenuate the signals outside of this region. One can adjust the passband and stopband ripple independently. If the stopband and passband ripples individually approach zero, the filter can transform into a Chebyshev type I or type II filter. Hence, to have a narrow transition band, both the passband ripple and the stopband ripple are allowed. Elliptical (also called Cauer) filters are optimum for providing a narrower transition band than other filters with the same order [9]. Discrete-time filters can be designed in IIR or FIR configurations. We preferred the IIR type elliptic filter design shown in Figure 2 due to its smaller memory requirement and ease of implementation. The IIR filter is a feedback system shown in Figure 2, and its impulse response is infinite. Mathematical difference equations that define the operation of the IIR filter are given through equations (1), (2) and (3).

We have chosen 100 kHz sampling frequency (f_s) 2 KHz lower cut-off frequency (f_l), 2.5 kHz upper cut-off frequency (f_u) with 1 dB pass band ripple and 80dB stop-band attenuation for the IIR elliptic band-pass filter. Since the filter is of fourth order, it has four zero and four poles located on the unit circle in the complex plane as shown in Figure 3. Frequency response (4-a) and phase response (4-b) of the filter are presented in Figure 4. The distance of the zeros to the center is 1. An analog filter with a transfer function $H(s)$ can be converted into a digital filter with transfer function $H(z)$ by using the appropriate Bilinear transformation method [9]. Namely, if $s=f(z)$, a projection can be established between the s-plane and the z-plane variables. This matching is used for the band-pass filter and corresponding frequency is obtained by substituting $s=j\omega$ and $z = e^{j\omega}$, where ω is the angular frequency and $\omega = 2\pi f/f_s$. The Bilinear transformation used for the band-pass filter is provided by equations (4) and (5).

$$y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \quad (1)$$

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{\sum_{k=1}^N a_k z^{-k}}, a_0 = 1 \quad (2)$$

$$H(z) = \frac{b_0 \prod_{k=0}^M (1 - c_k z^{-1})}{\prod_{k=1}^N (1 - d_k z^{-1})} \quad (3)$$

$$s = \frac{1 - 2 \cos \omega_0 z^{-1} + z^{-2}}{1 - z^{-2}} \quad (4)$$

$$\Omega = \frac{\cos \omega_0 - \cos \omega}{\sin \omega} \quad (5)$$

Where a_k and b_k are the reverse and forward filter coefficients, respectively, T_s represents the sampling period and ω_s corresponds to the center frequency of the band-pass/stop filter.

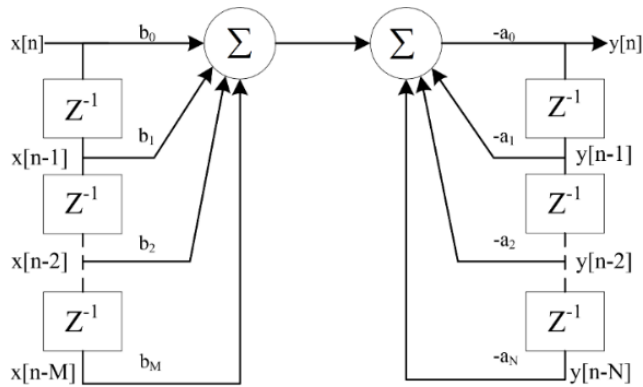


Figure 2. Block diagram of the IIR filter

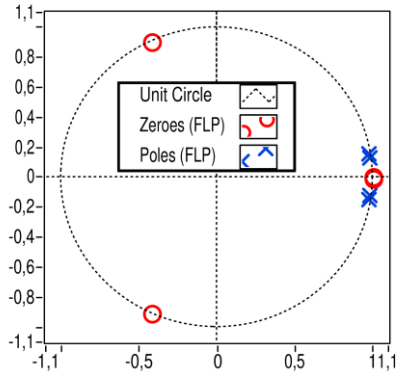
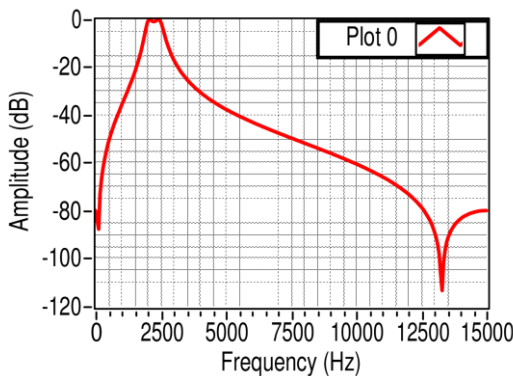
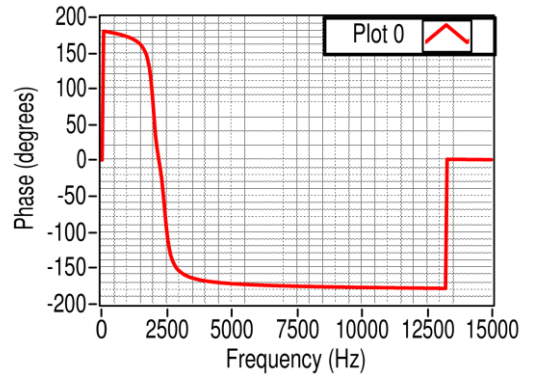


Figure 3. Zero/Pole location in the complex z-plane

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \left(\frac{2\pi nk}{N} \right)} \quad (6)$$



a)



b)

Figure 4. Frequency (a) and phase (b) response of the designed elliptic IIR band-pass filter

3. Verification of the Discrete-Time IIR Elliptic Band-Pass Filter

We have verified the discrete-time IIR elliptic band-pass filter operation using the simulations in the NI LabVIEW environment. We obtained the inverse and forward coefficients of the filter from the program written in the LabVIEW environment. We used the sum of any two test signals with 2.2 kHz and 3.5 kHz frequency and 100 kHz sampling frequency to obtain the filter coefficients. The amplitudes of these two test signals are given as 0.8V, and 1.2V phases 15 and 30 degrees, respectively. The test signal was applied to the filter according to 80dB stopband attenuation, 1dB passband ripple, and the filter coefficients obtained. The sampling frequency of the filter is 100 kHz, the lower cut frequency is 2 kHz, and the uppercut frequency is 2.5 kHz. The filter will allow signals in these two cut-off frequency ranges to pass while stopping signals outside the upper and lower cut-off band. LabVIEW program block diagram, which includes filter coefficients, was given in Figure 5. The filter coefficients obtained are given in Figure 6. In IIR type filters, the coefficients that multiply the inputs are forward coefficients, and the coefficients that multiply the outputs are the inverse coefficients. LabVIEW Elliptic Coefficients VI (Virtual Instrumentation) gives second and fourth-order filter coefficients. If a low-pass filter or a high-pass filter is to be designed, VI must be set in second-order, if band-pass or band-stop is designed, VI must be set in fourth-order. IIR digital filters in LabVIEW are designed by the bilinear transformation of the analogue filter's zeros and poles. LabVIEW design environment consists of two windows. One window keeps the system block diagram where the filter model is written, and the other one has the front panel where the outputs are shown. The written IIR filter model outputs are shown with the front panel in Figure 6. Filter coefficients obtained in Figure 6 were used in real-time FPGA application.

The sum of the 2.2 kHz signal of interest and a 3.5 kHz interference signal (7-a), and the filtered signal output (7-b) were presented in Figure 7. We can observe that the frequency of the output signal is 2.2 kHz with an amplitude of around 0.8V. The signal of interest is passed to the output since it lies within the passband of the designed filter. And the interfering 3.5 kHz signal has been filtered out as it is out of the passband. We calculated the filtered signal output frequency spectrum using Fast Fourier Transform (FFT), as shown in Figure 8. FFT is a fast algorithm used for calculating Discrete Fourier Transform (DFT) [11], which is defined by the equation (6). Applying DFT directly to N

data instances is time-consuming since it requires computationally complex calculations ($\sim N^2$). For this reason, we used the LabVIEW built-in FFT algorithm.

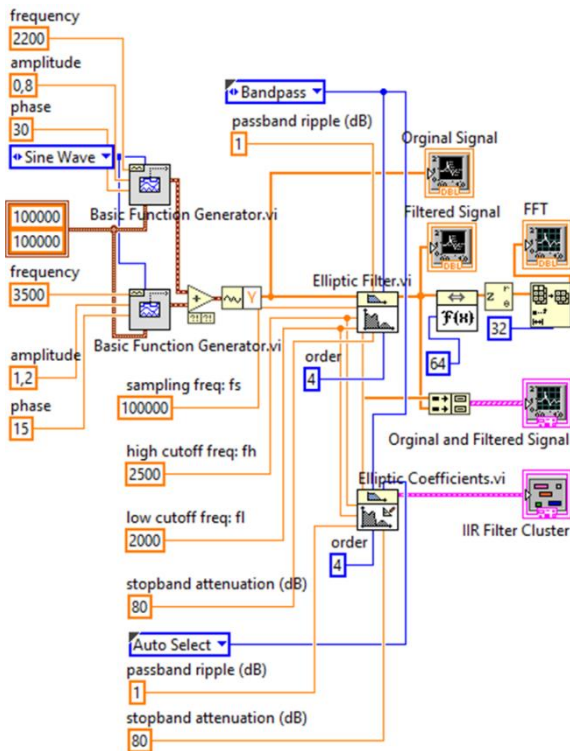


Figure 5. LabVIEW design of the IIR band-pass filter with filter coefficients.

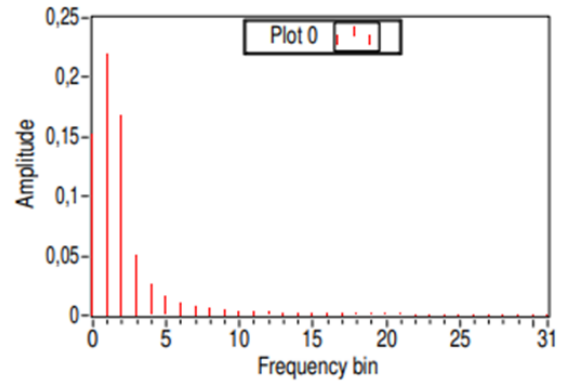


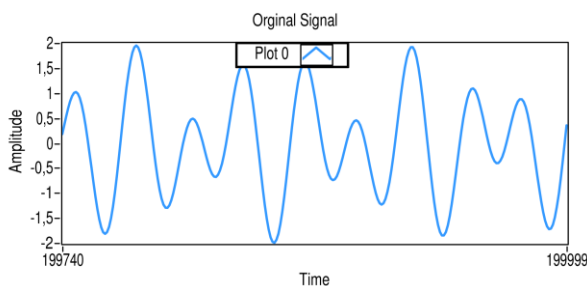
Figure 8. FFT of the filtered signal output

4. VHDL Implementation

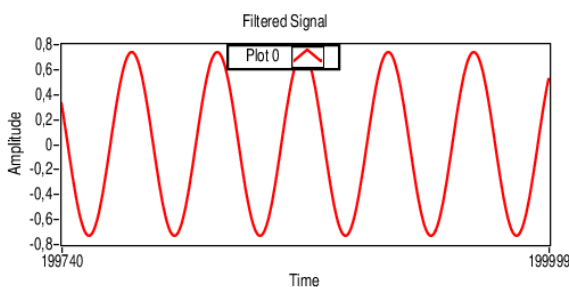
We used the flowchart shown in Figure 9 for VHDL implementation of the elliptic IIR band-pass filter. The algorithm consists of a loop and multiple processes within the loop. Forward and reverse filter coefficients are needed for implementing the discrete-time IIR elliptic band-pass filter. The filter's reverse coefficients are due to the IIR filter's feedback. We created the VHDL model of the 4th order elliptic IIR band-pass filter based on the filter design approach [12]. We used the coefficients obtained from the LabVIEW program in the FPGA implementation. The filter can be designed by writing these filter coefficients into the difference equation in (1). Figure 9 shows the top-level VHDL design block. The code block consists of the entity block where we made input and output port assignments, the architecture in which we assigned constants and signals, and processes where we implemented all transactions. We used the same frequency coefficients used by the LabVIEW design in the VHDL implementation for a fair comparison. Since FPGAs can operate in parallel and the filter has a pipelined architecture, designers must keep the data in memory until the end of each calculation [12-14]. We shifted the data previously calculated and stored in the memory by one unit by considering the shift register and inserted the new value into the computation process. The input signal is multiplied with the filter coefficients and accumulated to create the output signal.



Figure 6. Filter coefficients of the elliptic IIR band-pass filter.



a)



b)

Figure 7. Test signal at the input (a), and filtered signal at the output (b) of the elliptic IIR band-pass filter

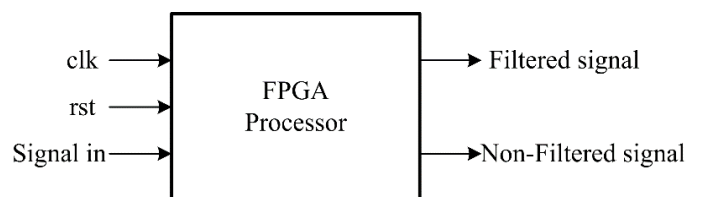


Figure 9. VHDL implementation code block

Algorithm 1 provides the pseudo-code of the VHDL implementation of the elliptic IIR band-pass filter. First, the upper and lower cutoff frequencies of the filter and the sampling frequency are determined to put the algorithm simply. Then when we run the simulation, the filter coefficients from LabVIEW are activated and multiplied by the input signal. Since the filter structure is in pipeline architecture, we keep the previous value of the filter output for each cycle in memory. Then, if the obtained value is equal to the desired value, the output signal is calculated. For the filter coefficients obtained from LabVIEW to coincide smoothly in the VHDL environment, the designers should pay attention to the parameter values and filter order.

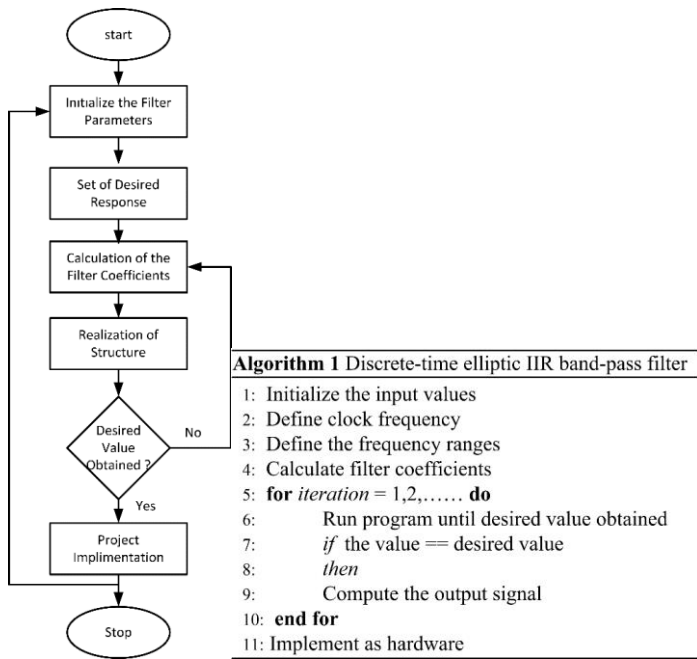


Figure 10. Flowchart [15] and algorithm of digital IIR filter design

Figure 11 shows the unfiltered and filtered result of 4th order IIR elliptic band-pass filter implementation written in VHDL code. ALDEC Active-HDL Student Edition has been used to simulate the VHDL model. As can be observed in the figure, we have obtained similar results compared to the LabVIEW design's simulation results. Table 1 presents the FPGA resource utilization estimated by LabVIEW.

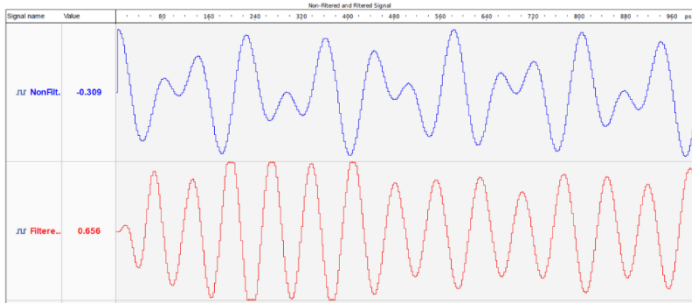


Figure 11. Functional simulation results of the VHDL model

Table 1. LabVIEW Estimated FPGA Resource Utilization

Data type	FF	LUT	BRAM	MUX
Elliptic filter	381	967	0	4
Function generator	94	156	1	0
Elliptic filter coefficients	381	967	0	4
FFT	697	2368	6	16
Total usage	1553	4458	0	24

4. Conclusions and Recommendations

In this study, we designed a 4th order discrete-time IIR elliptic band-pass filter using an FPGA. We obtained the coefficients of the discrete-time digital filter using the LabVIEW e-ISSN: 2148-2683

software. The designed filter can pass the signals between the 2.2 kHz and 3.5 kHz frequency range and suppress the signals outside this range. We chose the sampling frequency of the filter as 100 kHz. We developed a VHDL model of the proposed filter and performed simulations to verify the filter's functionality. We confirmed the LabVIEW estimated behaviour with the functional simulation of the developed VHDL model for the 4th order discrete-time IIR elliptic band-pass filter. LabVIEW FPGA resource estimation shows that the designed filter has a compact footprint, making it a convenient choice for integration.

As a result, when we consider LabVIEW and VHDL designs, prototyping and getting results in LabVIEW is easier than VHDL design. It is well-known that arithmetic optimization is required for a code written for simulation in VHDL language to implement a hardware unit. In other words, designers cannot use any VHDL code implementation that works in every simulation environment. They should give efforts to design fixed and floating-point representations, which is a time-consuming process. It makes more sense to use LabVIEW in terms of fast prototyping. LabVIEW-FPGA software module is all that is required for real-time hardware implementation of a LabVIEW-FPGA board of code written in a LabVIEW environment. VHDL language is challenging to learn by everyone, but it offers an advantage because it is readable. On the other hand, LabVIEW is easy to design because it provides graphical programming, but the code content cannot be very descriptive.

References

- [1] Venieris, S. I., & Bouganis, C. S. (2017, September). Latency-driven design for FPGA-based convolutional neural networks. In 2017 27th International Conference on Field Programmable Logic and Applications (FPL) (pp. 1-8). IEEE.
- [2] Tatar, G., Kılıç, O., & Bayar, S. (2019, November). FPGA Based Fault Distance Detection and Positioning of Underground Energy Cable by Using GSM/GPRS. In 2019 International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT) (pp. 1-6). IEEE.
- [3] Pal, R. (2017, December). Comparison of the design of FIR and IIR filters for a given specification and removal of phase distortion from IIR filters. In 2017 International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICAC3) (pp. 1-3). IEEE.
- [4] Paul, A., Khan, T. Z., Podder, P., Hasan, M. M., & Ahmed, T. (2015, February). Reconfigurable architecture design of FIR and IIR in FPGA. In 2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN) (pp. 958-963). IEEE.
- [5] Shukl, P., & Singh, B. (2020). Combined IIR and FIR filter for improved power quality of PV interfaced utility grid. IEEE Transactions on Industry Applications, 57(1), 774-783.
- [6] Seshadri, R., & Ramakrishnan, S. (2021). FPGA implementation of fast digital FIR and IIR filters. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 33(3), e5246.
- [7] (2021, March 11). Difference between IIR and FIR filters: a practical design guide. <https://www.advsolned.com/difference-between-iir-and-fir-filters-a-practical-design-guide/>.
- [8] (2021, March 11). Know all About FIR Filters in Digital Signal Processing. <https://www.elprocus.com/fir-filter-for-digital-signal-processing/>.

- [9] (2021, February 2). Digital Elliptic Filter Design 13.3 Digital Elliptic Filter Design. https://community.ptc.com/sejnu66972/attachments/sejnu66972/PTCMathcad/176202/1/13.3_Digital_Elliptic_Filter_Design.pdf.
- [10] Getu, B. N. (2020, November). Digital IIR Filter Design using Bilinear Transformation in MATLAB. In *2020 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI)* (pp. 1-6). IEEE.
- [11] Zhang, D., Chen, L., & Wu, Y. (2020, November). Research on High Precision FFT Algorithm Based on FPGA. In *2020 5th International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)* (pp. 42-46). IEEE.
- [12] Savran, I. (2017). Donanım Tanımlama Dili VHDL ve FPGA Uygulamaları. İstanbul: PapatyaBilim.
- [13] Owen, J., & Henry, M. (2018, October). 384 TMAC/s FIR filtering on an Artix-7 FPGA using Prism signal processing. In *IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 2659-2664). IEEE.
- [14] Samanta, S., & Chakraborty, M. (2014, March). FPGA based implementation of high speed tunable notch filter using pipelining and unfolding. In *2014 Twentieth National Conference on Communications (NCC)* (pp. 1-6). IEEE.
- [15] Singh, R., & Arya, S. K. (2012). Genetic algorithm for the design of Optimal IIR Digital filters.



FPGA Hardware Implementation of a SHA384 Accelerator for Internet of Things Applications

İhsan Çiçek^{1*}

¹ İstinye Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7881-1263)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951580)

ATIF/REFERENCE: Cicek, I. (2021). FPGA Hardware Implementation of a SHA384 Accelerator for Internet of Things Applications. *European Journal of Science and Technology*, (26), 128-132.

Abstract

The abundance of the IoT devices surrounding us brings new opportunities and challenges. IoT technology enables remote monitoring and control of cyber-physical systems on a global scale. One key aspect of IoT technology is the security which is usually neglected by manufacturers. Because of IoT based security breaches, IoT devices need cryptographic functions to provide confidentiality, integrity and authentication capabilities in modern applications. However, the limited computational power available in the processors used in IoT systems imposes the development and use of hardware peripherals dedicated for performing cryptographic operations. One of the most popular cryptographic functions used in the IoT applications is the secure hash algorithms. They are extensively used for data integrity and authentication applications. In this work, we have designed, verified, and implemented a hardware IP core of the SHA-384 algorithm. In addition, we have also integrated the SHA-384 hardware module with a synthesizable processor as an AXI4 peripheral to enable in-application testing using custom software. Our design can operate up to 170 MHz and occupies only 982 CLB slices and one BRAM on a Xilinx Artix-7 FPGA device. The estimated total power consumption is 223 mW when the module is integrated with a minimal configuration Microblaze processor system.

Keywords: SHA2, SHA-384, Secure Hash Algorithm, FPGA, Cryptography.

Nesnelerin İnterneti Uygulamaları İçin Bir SHA-384 Hızlandırıcısının FPGA Donanım Gerçeklemesi

Öz

Çevremizdeki IoT cihazlarının bolluğu yeni fırsatları ve zorlukları getiriyor. IoT teknolojisi, siber-fiziksel sistemlerin küresel ölçekte uzaktan izlenmesini ve kontrolünü sağlamaktadır. IoT teknolojisinin önemli bir yönü, genellikle üreticiler tarafından ihmal edilen güvenlidir. güvenlik ihlalleri nedeniyle IoT cihazları, modern uygulamalarda gizlilik, bütünlük ve kimlik doğrulama yetenekleri sağlamak için kriptografik işlemlere ihtiyaç duyar. Bununla birlikte, IoT sistemlerinde kullanılan işlemcilerin sınırlı hesaplama gücü, kriptografik işlemleri gerçekleştirmek için adanmış donanım çevre birimlerinin geliştirilmesini ve kullanılmasını zorunlu kılar. IoT uygulamalarında kullanılan en popüler kriptografik işlemlerden biri güvenli özet algoritmalarıdır. Veri bütünlüğü ve kimlik doğrulama uygulamaları için yaygın olarak kullanılırlar. Bu çalışmada, SHA-384 algoritmasını bir donanım çekirdeği şeklinde tasarladık, doğruladık ve gerçekledik. Ek olarak, özel yazılım kullanarak uygulama içi testler yapabilmek için SHA-384 donanım modülünü bir AXI4 çevre birimi olarak sentezlenebilir bir işlemci ile entegre ettik. Tasarımımız 170 MHz'e kadar çalışabilmektedir ve bir Xilinx Artix-7 FPGA tümleşik devresinde yalnızca 982 CLB dilimi ve bir BRAM kaplamaktadır. Modül minimum konfigürasyonlu Microblaze işlemci sistemiyle entegre edildiğinde tahmini olarak toplam 223 mW güç tüketmektedir.

Anahtar Kelimeler: SHA2, SHA-384, Güvenli özet algoritmaları, FPGA, Kriptografi.

* Corresponding Author: İstinye Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7881-1263, ihsan.cicek@istinye.edu.tr

1. Introduction

The rise of the Internet-of-Things (IoT) in the last decade has enabled many beneficial applications that yield new opportunities and challenges. IoT technology allows remote monitoring, control and micro-management of cyber-physical systems on a global scale. Future projections predict that the number of connected devices will be measured in billions and the economic impact of the IoT will be significant as presented in Figure 1 [1]. Accordingly, security became a critical aspect of the IoT technology. Unfortunately, it is usually overlooked in the product development cycle. As a result of the factors such as additional development costs, time-to-market push and lack of vision, IoT device manufacturers neglect the security requirements which creates the Achille's heel and paves the way for potential security breaches and hazards [2]. Considering security at the beginning of the design stage can save time and mitigate later corrective efforts. Additionally, secure-by-design approach can protect IoT companies against financial and reputation losses of the unpredictable future.

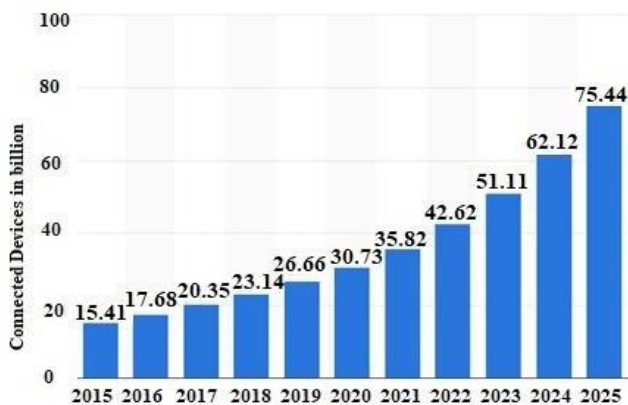


Figure 1. Global future projection for the deployed IoT devices toward 2025 [1].

Forward-looking security provisions impose the use of cryptography due to the raised risks associated with the ever-increasing connectivity of IoT devices. Cryptographic primitives and algorithms provide the methods for confidentiality, data integrity and authentication for communicating parties. However, the computational requirements of cryptographic algorithms still pose a problem for the cost-sensitive lightweight IoT systems. The low-cost processors used in such systems usually have confined computational power and performance of the cryptographic algorithms implemented in software is mediocre. Moreover, cryptographic software will consume the limited codespace that is mainly reserved for the IoT application of interest. Conventional approach is to use dedicated cryptographic hardware peripherals to aid the microprocessor in performing information security related tasks. This not only offloads the CPU but also provide additional security at the hardware level.

In IoT network communication, hash based message authentication codes (HMACs) are used for message authentication and/or integrity checking [3]. Although block ciphers can be used, hash functions are more preferred in practice, as they are easier to compute and flexible enough to be used globally without any export restrictions [3]. Thus, cryptographic strength of the HMAC depends heavily on the

underlying hash function's cryptographic strength, the size of its hash output, and the size and randomness quality of the key used. The use of hash-based message authentication codes has been standardized and adopted to many popular communication protocols [4]. Today, hash-based message authentication codes are widely used within the SSH, TLS and IPSEC protocols. Consequently, it is always necessary to compute the hashes of the data to be transmitted or received in an IoT device and this can create a computational performance bottleneck for the local processor. Any cryptographic hash function, such as SHA-1, SHA-2 or SHA-3 can be used in the calculation of a hash-based message authentication code [5]. Secure hash functions are free of collisions and the generated outputs are unique and unparalleled for every single data input. Authentication and integrity are two of the essences needed to build secure network systems, and SHA algorithms provide both. SHA2 replaced SHA1 after the success of an attack and it has been further superseded by SHA3 as an upgrade [6,7]. However, SHA2 still remains to be the most widely deployed and used secure hash function. The SSL/TLS certificates today use 384-bit SHA2 (SHA-384) digests to ensure security for internet communication.

In this work, we present the hardware design of SHA-384 algorithm as an IP core that can be wrapped as a peripheral and integrated with a processor that targets lightweight and cost-sensitive IoT applications. Our key contribution is the development of a small-footprint SHA-384 hardware module that provides high performance in a small footprint. The paper is organized as follows: In Section 2, we briefly introduce the SHA-384 algorithm and its process flow. Section 3 provides the details of platform used for the development of the IP core along with functional verification and hardware in the loop validation of the proposed design. Section 4 discusses the evaluation results and marks future directions.

2. SHA-384 Secure Hash Algorithm Overview

Workflow of the SHA-384 algorithm is based on operations such as message padding, parsing and one way hash functions as presented in Figure 2. The listed steps below briefly explain how SHA-384 algorithm performs pre-processing, and how the hash value is calculated by using the padding, parsing and compressing functions according to [5]:

1. Padding the message (To make sure that the padded message is a multiple of 1024 bits).
2. Parsing the message (The message and its padding are parsed into N 1024-bit blocks).
3. Setting the initial hash value (Consists of eight 64-bit words in hexadecimal format).

An overview of the algorithmic flow of the SHA-384 is shown in Figure 2. At the beginning, the message is divided into N-blocks, each of which is comprised of 1024 bits. The initial hash value (H_0) is assigned at first, before any operation. After the initialization process the successive hash values are computed sequentially, one block at a time, such that every calculated hash value is transferred to the next block. The final hash code of the message is determined after the computation of the N-th message block and set as the final output [5].

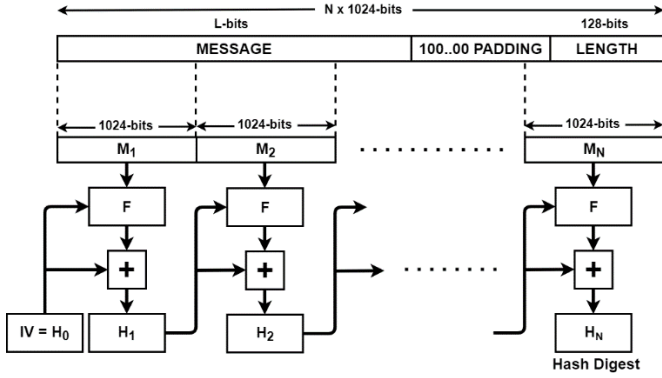


Figure 2. Algorithmic process flow of the SHA-384.

3. Hardware Implementation of the SHA-384 Secure Hash Algorithm

3.1. Design of the SHA-384 Secure Hash Algorithm IP Core

The reconfigurability and parallelization features of the field programmable gate arrays (FPGAs) render them as convenient platforms for hardware prototyping of algorithms. We used an FPGA development board that has a Xilinx Artix 7 family device (XC7A35T-1CPG236C) to design and implement the SHA-384 secure hash algorithm IP core. SHA-384 is primarily based on scrambling the input with some predefined constants, then computing the hash values through corresponding special functions dedicated for each step, and finally, after the acquisition of all inputs, the yielding hash values are used to calculate the SHA-384 final output digest value. The top level interface of the SHA-384 module is shown in Figure 3. The design accepts message data in 64-bit blocks and also outputs the final hash value in six consecutive 64-bits of data, so six 64-bit or twelve 32-bit registers are needed to keep the 384-bit final hash value on the host.

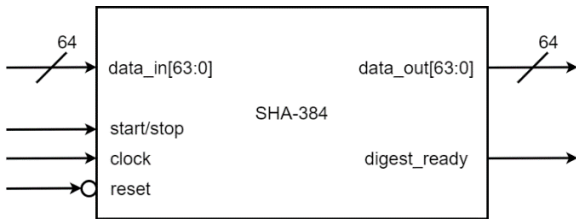


Figure 3. Hardware interface of the proposed SHA-384 module.

We developed and verified the hardware model of the SHA-384 using Verilog HDL in Xilinx Vivado integrated design environment. The module remains in idle mode by default after the power-on event and FPGA loads the configuration bitstream. The module starts operating after applying a logic high to the start/stop input. The 1024-bit message is loaded into the module in 16 clock cycles and hash computation starts right after. When the computation of the hash value is complete, and 384-bit computed hash value is output sequentially in six clock cycles by 64-bit words and the digest_ready flag output is held at logic high during this period. This signal can be used as an interrupt generator for the host system.

3.2. Functional Verification of the SHA-384 Secure Hash Algorithm IP Core

We performed functional verification of our design using the Vivado ISim HDL simulator. A testbench module is designed to drive the SHA-384 module and apply the test vectors. The functional verification simulation results are provided in Figure 4. The input presented in the simulation is “6162636461626364” corresponds to the hexadecimal value of the “abcdabcd”. The input message has been sent twice to the SHA-384 IP core, which means that the message passed to it is actually “abcdabcdabcdabcd”. After the message input has been received, the calculation of the hash is performed and the final digest value is presented by the DataOut signal. The final calculated digest output for the input message is equal to the expected value calculated using the software model of the SHA-384 algorithm.

3.3. Hardware Implementation of the SHA-384 Secure Hash Algorithm IP Core

The hardware module designed in Verilog HDL is synthesized and implemented for the target FPGA device (XC7A35T-1CPG236C) and the hardware resource utilization of the module is reported in Table 1 along with other studies in the literature. SHA-384 design can operate up to a maximum clock frequency of 170 MHz at the cost of 982 configurable logic block slices (CLBs) as shown in Table 1. Our design performs better in terms of both maximum clock frequency and hardware resource utilization when compared to the similar work in the literature.

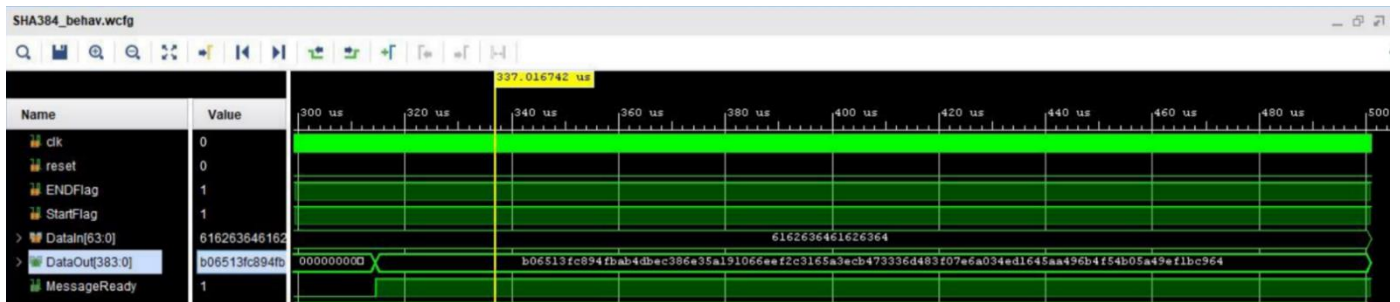


Figure 4. Functional verification of the designed SHA-384 module.

Table 1. FPGA Hardware Resource Utilization for SHA-384 module

Metric	Our Design	[7]	[8]	[9]
Max clock frequency (MHz)	170	74	120.83	128.584
BRAM	1	N/A	N/A	N/A
CLB Slices	982	1966	4240	4289

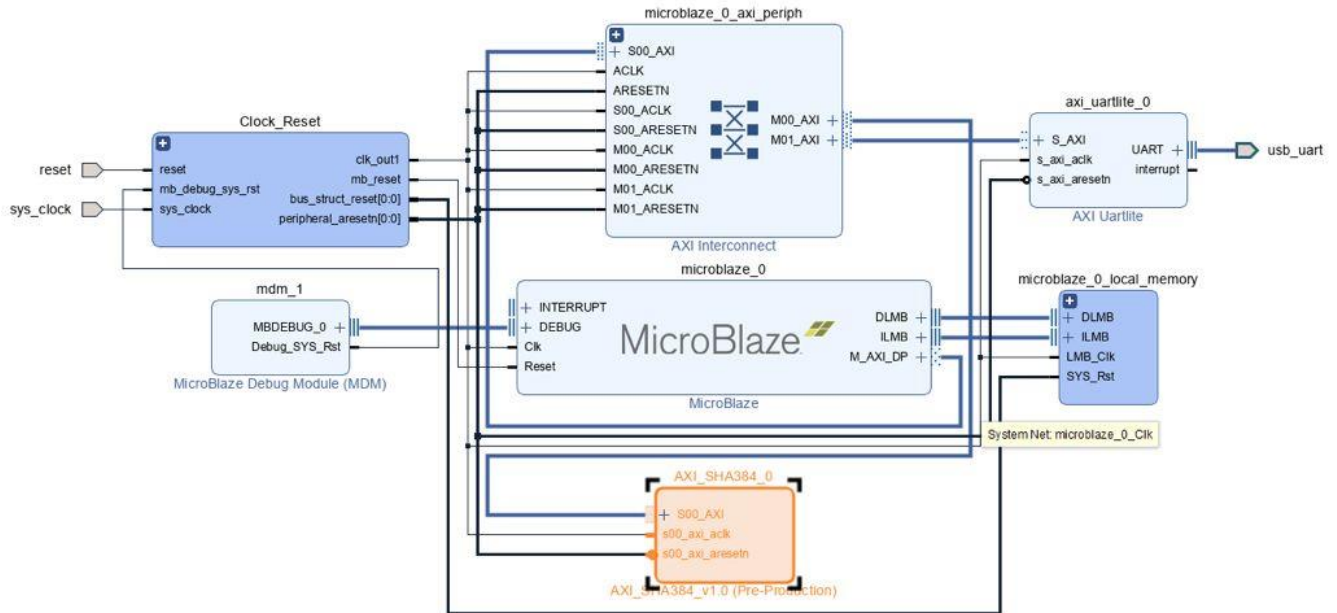


Figure 5. SHA-384 module integrated with the Microblaze RISC processor.

Table 2. FPGA Hardware Resource Utilization for the Microblaze Processor System

Clock Frequency (MHz)	Power (mW)	BRAM	CLB Slices	LUT	FlipFlop	DSP
100	223 mW	9	1538	5855	6152	1

The SHA-384 module has been integrated with a Microblaze synthesizable softcore processor. The use of a processor enables software control, and provides a convenient way to transfer data between the FPGA and PC in test scenarios. A customized AXI IP core that wraps the SHA-384 module and enables a communication interface with the Microblaze’s AXI4 bus has been created. As MicroBlaze has many options for configuration, it had to be optimized by choosing the right specifications to generate a minimum footprint processor. Thus, a cacheless Microblaze core with a local memory of 32-KBytes has been chosen as the base hardware platform. The system clock at which the processor operates is configured as 100 MHz to reduce clocking hardware overhead. In addition, other IP cores such as the clocking and reset module and AXI4 bridge required for the proper operation of Microblaze processor have been added as shown in Figure 5. We used a UART-Lite IP core configured at 115200 bps to allow serial communication with a personal computer using the RS-232 protocol. Table 2 reports the hardware implementation results of the synthesized Microblaze based system with the SHA-384 module, and the total estimated power dissipation is 223 mW.

We have used the software development kit (SDK) provided by Xilinx to develop a test program using C. Developed software used SDK generated drivers for communicating with the synthesized Microblaze hardware system. We have successfully verified the correct operation of the integrated SHA-384 hardware peripheral in application.

4. Conclusion

In this study, we have designed a hardware IP core of SHA-384 secure hash algorithm in Verilog HDL for use in IoT applications such as HMAC generation. We functionally verified the correct operation of the design using HDL simulations. We have synthesized and implemented the design on a Xilinx Artix-7 FPGA device. Our design is better in terms of area and speed when compared to the other designs in the literature. Designed SHA-384 hardware module can operate up to 170 MHz clock speed and consumes only 982 CLB slices on a Xilinx Artix-7 FPGA device. In addition, we have integrated the designed IP core with a Microblaze synthesizable processor for use in-application testing by custom software. Estimated total power consumption was reported to be 223mW. The compact footprint of the proposed design makes it very suitable for integration with processors used in IoT applications.

References

- [1] Statista. (2016, November 27). Internet of Things - number of connected devices worldwide 2015-2025. <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> (Accessed Feb 2, 2021).
- [2] CISO Magazine. (2020, January 10). 10 IoT Security Incidents That Make You Feel Less Secure. <https://cisomag.eccouncil.org/10-iot-security-incidents-that-make-you-feel-less-secure/> (Accessed Feb 2, 2021).
- [3] Bellare M., Canetti R., Krawczyk H. (1996) Keying Hash Functions for Message Authentication. In: Koblitz N. (eds) *Advances in Cryptology — CRYPTO '96*. CRYPTO 1996. Lecture Notes in Computer Science, vol 1109. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Dang Q. (2008, July). The Keyed-Hash Message Authentication Code (HMAC), Federal Inf. Process. Stds. (NIST FIPS 198-1), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.198-1>.
- [5] National Institute of Standards and Technology (2015, August) Secure Hash Standard (SHS), Federal Inf. Process. Stds. (NIST FIPS 180-4), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.180-4>.
- [6] Lenstra, A. (2005, February 26). Further progress in hashing cryptanalysis. Lucent Bell Laboratories, <http://bell-labs.co/who/akl/hash.pdf> (Accessed Feb 4, 2021).
- [7] Sklavos N., Koufopavlou O. (2003). On the hardware implementation of the SHA-2 (256, 384, 512) Hash functions. In 2003 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), (pp.153-156). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2003.1206214>.
- [8] McLoone M., McCanny J. V. (2003, March 26). Efficient single-chip implementation of SHA-384 and SHA-512, In 2002 International Conference on Field-Programmable Technology (FPT), (pp. 311-314,). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FPT.2002.1188699>.
- [9] Li M., Xu J., Yang X., and Yang Z. (2009). Design and Implementation of Reconfigurable Security Hash Algorithms Based on FPGA. In *2009 WASE International Conference on Information Engineering*, (pp. 381-384). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIE.2009.278>.



Design of the Personal Electrics Vehicle

Atıl Emre Cosgun

¹ Department of Electric-Electronics, Mechatronics Program, Aksaray University, Aksaray, 68100, Turkey (ORCID: 0000-0002-4889-300X)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.955143)

ATIF/REFERENCE: Cosgun, A. E. (2021). Design of the Personal Electrics Vehicle. *European Journal of Science and Technology*, (26), 133-137.

Abstract

In this study, three wheels personal electric vehicle system has been conducted with two 250-Watt reduction gear dc motors. The vehicle can move front, back, left, and right sides according to the rider's directions. The directions which speed and turning movement have been provided with 2 different potentiometers to the vehicle. To understand the carrying capacity of the system mechanical analysis has been realized with Catia Computer-Aided Drawing Software. This analysis was conducted with different two types of load (1,5 and 5kgN) on the two different structures that are with Z ax-is support bar and without. The best result was gotten from without a Z-axis support bar because it was sufficient to carry till 150 kg load.

Keywords: Electrics Vehicle, Personal Transporter, Speed Control, Turning Movements.

Kişisel Elektrikli Araç Tasarımı

Öz

Bu çalışmada, iki adet 250-Watt redüktörlü DC motor ile üç tekerlekli kişisel elektrikli araç sistemi gerçekleştirilmiştir. Araç, sürücünün yönlendirmesine göre öne, arkaya, sola ve sağa hareket edebilmektedir. Araca hız ve dönüş hareket bilgisi iki farklı potansiyometre ile sağlanmıştır. Catia Bilgisayar Destekli Çizim Yazılımı ile sistemin taşıma kapasitesini anlamak için mekanik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, Z eksenini üzerindeki destek çubuğu olan ve olmayan iki farklı yapı üzerinde farklı iki tip yük (1,5 ve 5kgN) ile gerçekleştirilmiştir. En iyi sonuç, 150 kg yüke kadar taşımak yeterli olacağından Z eksenini destek çubuğu olmadan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç, Kişisel Taşıyıcı, Hız Kontrolü, Dönüş Hareketleri.

1. Introduction

Increasing of air pollution, consumption of natural source day by day causes researchers to search and design personal transporter which works with other energy source. Electricity is a good preference due to reducing dependence on fossil fuels, CO2 emission, and pollutants. According to “IEA’s Sustainable Development Scenario” global greenhouse emissions from transport is shown in Fig.1. In the future, for the name of avoiding environmental disasters, sales of electric vehicles were realized exceeding 2.1 million globally in 2019 and this rate is increasing every year. (1). Although, personal transporters take up a small space at this rate usage of it does not damage nature, working, and maintenance expenses are lower when it is compared to traditional ones. However, Fuel as electric in transporters idea is not a new one. This thought has been considered many times. Production cost of battery, durable of the battery and life-time performance criteria are main problems of such transporters. Improvement of engineering in current decades permits to solve these problems.

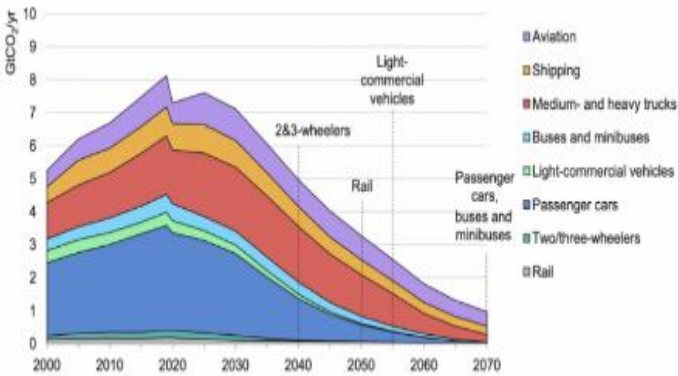


Fig. 1. Global CO2 emissions from transport(2)

In the light of these improvements, there are many studies that were realized in the literature about the personal electric vehicle (PEV) transports systems. Hyunjune Yim and Keun Lee conducted a study about personal vehicles and they realized a modular personal electric vehicle. Their design and manufacture were related to the common midportion of the platform. It was appropriate for vehicles which have two front wheels or have two rear wheels. It is one of the primitive designs of modular vehicles (3). Although, thought of the modular platform has been used in the automotive sectors (4-5). Hongwu Wang et al. Developed a robotic wheelchair for re-search purposes and climbing stairs. The specification of this system are weighs 90,72 kg and has a max. Speed of 6 miles per hour. Also, it has provided users with high mobility performance for personal transport (6). Shuro Nakajima developed a personal mobility vehicle that has four wheels and avoids obstacles with a leg motion mechanism feature (7). In addition, he developed another personal vehicle for usage in daily life (8). Investigation of electric vehicle usage in urban land was conducted by Amelie Ewert et al. Their findings show that 30% of personal private trips could be done with light electric vehicles (LEVs) (9).

In this study, personal electric vehicle was conducted and it includes two independent electric motors and their drivers, a control card, a steering wheel, batteries, and two pneumatic tires. In addition, its mechanical analysis was realized to confirm durability in computer-aided 3D solid modeling and design software.

2. System Overview and Modeling

2.1. Personal Electrical Transport Vehicle (PETV) Structure

Our study’ design and development methodology are given in Fig.2. After the selected conceptual design depends on the literature studies, has been determined required components. Then, the selected model has been fabricated, end of this was realized assembly of the vehicle. Besides this, in the fabrication time, mechanical structure analysis in the 3D computer-aided drawing software program has done, too. There are three wheels of our personal vehicle. One of the wheels is used to balance the system. There is no connection with the motor. The others have two coaxial wheels driven independently by two motor. Speed of the vehicle could be adjusted by the rider with a potentiometer. The left and right movement of the system is provided with the help of another potentiometer that is taking place on the handlebar of the vehicle. The personal electrical transport vehicle’ structure is shown in Fig3.

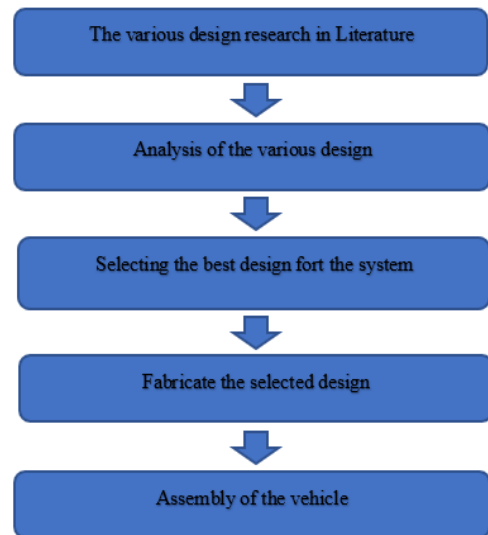


Fig. 2. Methodology



Fig.3. Personal electrical transport vehicle

2.2. Personal Transport Vehicle (PTV) Dynamics Model

To better understand dynamics behavior of the vehicle was used longitudinal and rotational directions equation of the single wheel as follows:

The longitudinal directions equation;

$$M\dot{v} = \sum F_{Xi} \tag{1}$$

The rotation dynamic equation;

$$J_w\dot{\omega}_i = T_{mi} - T_{hi} - rF_{Xi} \tag{2}$$

For each wheel rotational dynamics model is shown in Fig 3. The wheel slip ratio is introduced as the relative difference between the angular velocity of the wheel and the vehicle velocity (10).

$$\lambda_i = \frac{r\omega_i - v}{v} \times 100\% \tag{3}$$

During braking; $\lambda_x = \frac{r\omega_i - v}{v} \tag{4}$

During acceleration; $\lambda_x = \frac{r\omega_i - v}{r\omega_i} \tag{5}$

The tire longitudinal force F_{Xi} is dependent on F_{Zi} and λ_i (11). Dug off model is used in this study and it could be described as $F_{Xi} = f(F_{Zi}, \lambda_i)$. From it slip dynamics equation of the wheel can be extracted as (12);

$$\dot{\lambda}_i = -\frac{r^2}{vJ_w} f(F_{Zi}, \lambda_i) + \frac{r}{vJ_w} T_{hi} - \frac{r}{vJ_w} T_{mi} \tag{6}$$

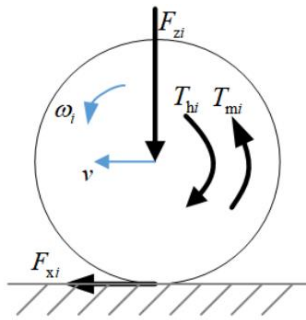


Fig. 3. Single wheel rotational model

Fig. 4. shows the typical relation curve between slip ratio (λ_i) and driving force (F_{xi}) (11).

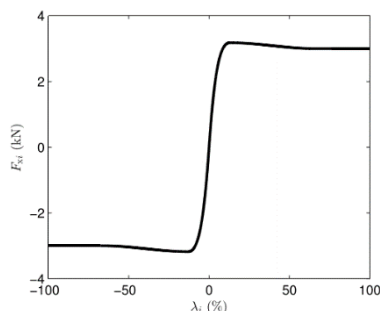


Fig.4. Relation curve: slip ratio (λ_i) -driving force (F_{xi})

3. System Overview and Modeling

The personal electrical transport vehicle consists of following parts; arduino uno board, two with reduction gear dc motor and motor's drivers, accelerator and turning potentiometers. For our vehicle control system framework Free Body Diagram (FBD) are shown in Fig.6, 7. The working principle of our system based on the directions given by riders. Because system's speed and turning movement provided by two different potentiometers. Both of them have been worked similar idea. First of all, sensors provide input data for the system. Then, the controller converts the signal comes from sensors from Analog to Digital, and a control algorithm was worked to control the vehicle speed and directions.



Fig. 6. Control System framework

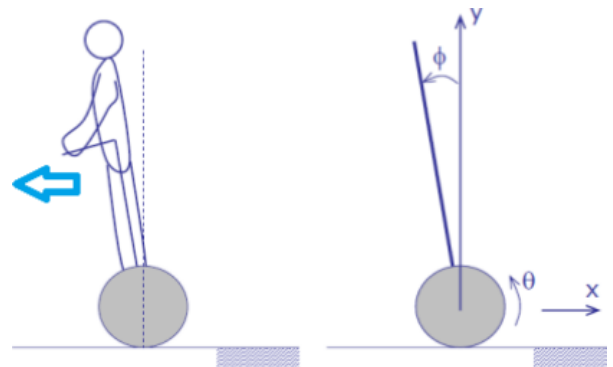


Fig. 7. Free body diagram of the vehicle

Flow chart of the system is shown in Fig.8. The speed of the system is given as m/s because of required conversion was done before depending on ADC. The Arduino has 10-bit analog reading resolution so input signal data vary from between 0 and 1023. Its writing resolution value is 8-bit so output signal data could be max 255. The reason of start the vehicle lower speed than 2m/s is the security of the rider.

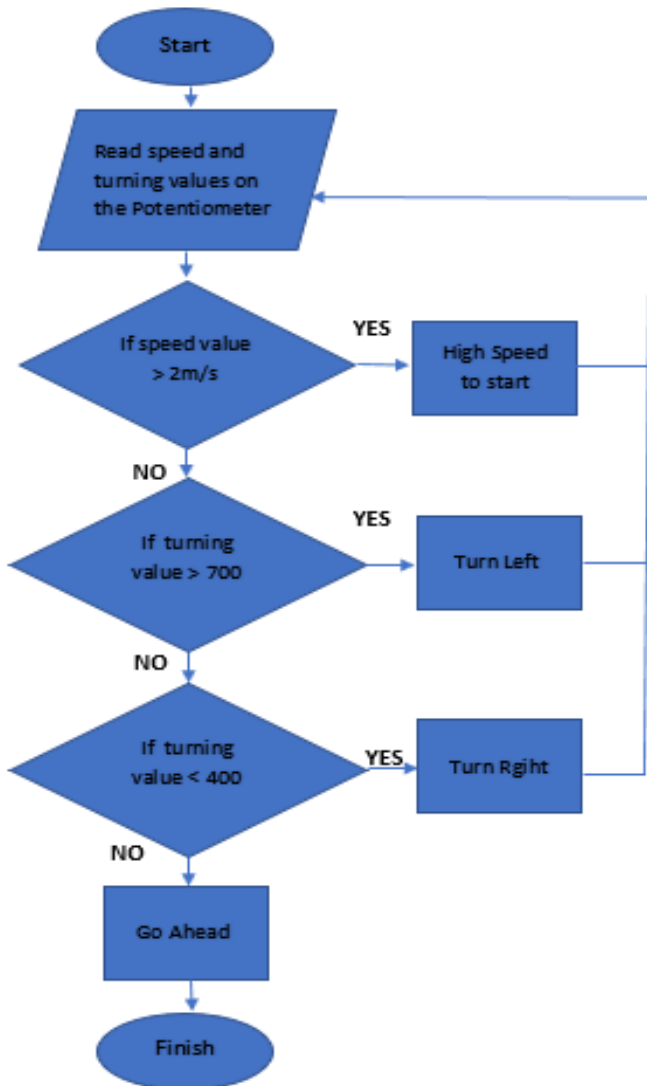


Fig. 8. Flow chart of the system

4. Results and Discussion

Analysis studies were done in Catia Computer Aided Drawing Software. Structure was analyzed with applying 5kN force firstly and some parameters are changed due to analysis re-sults to strength structure. 30 x 30 mm. aluminum box profile without using any middle support along Z axis. Deflection is as much as to be paid attention under 5kN. After added support at the middle of the structure along Z axis, deflection and stresses decreased but still there is noticeable deformation on material. 30 x 30 mm aluminum box profiles which are lying on X axis may be changed with 50 x 30 mm aluminum box profiles and observe results of analysis. Depending on previous analysis, horizontal profiles were changed to 50 x 30 mm alu-minum profiles to increase strength of the chassis. This is best result of the analysis results under 1.5kN which is possible force is applied by driver's mass. As you see from the analysis; there is no critic field in the range of human weights. Therefore, system is safe for transportation. 30 x 30 mm aluminum box profile without using any middle support along Z axis. There is no Z axis support bar in Fig. 9. a and b. However, Z axis support exist in Fig. 9. c and d.

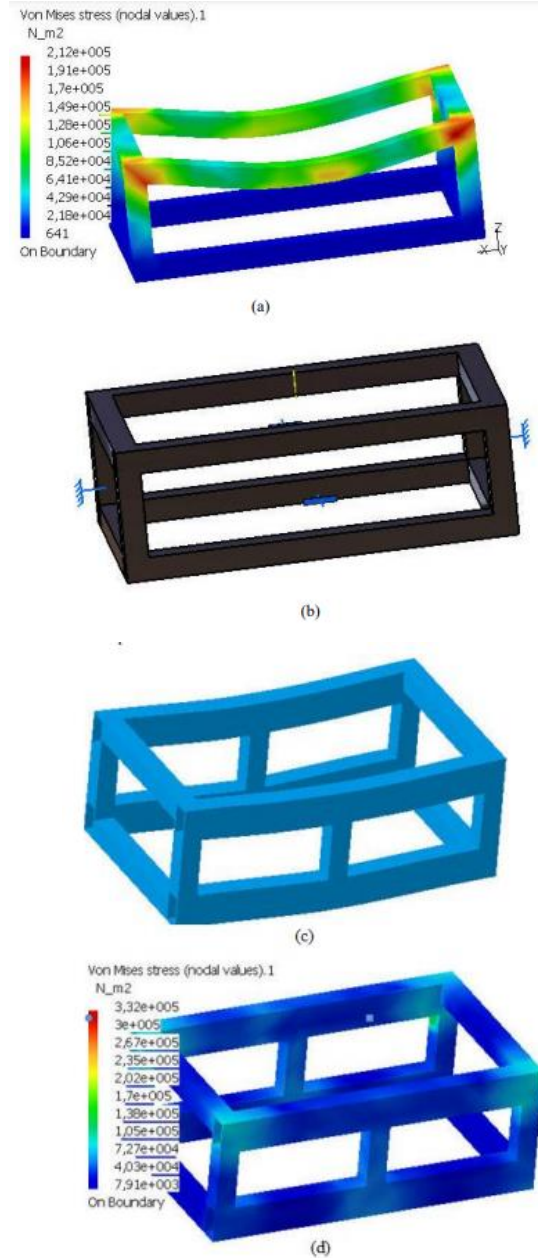


Fig. 9. a) without Z axis support bar under the load, b) without Z axis support bar when non-load, c) with Z axis support bar under the load, d) with Z axis support bar when non-load

The plate on which riders set foot is given in the Fig.10. The plate could carry approximately 500kg. load.

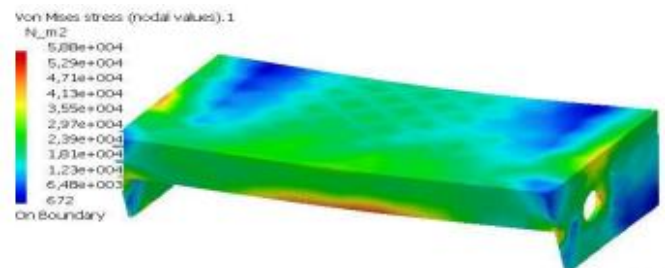


Fig.10. The plate on which riders set foot

5. Conclusions

In this study, to be able to understand riders' direction and speed response, three wheels personal transporter electric vehicle system has been developed as physical. The system can move front, back, left, and right sides according to the rider's directions. Another aim of this study is to show potential benefits to consumers and to society including lower transportation costs, reduced trip times, and lower environmental impact, too. The Personal Electrical Vehicles, therefore, offer many intriguing possibilities for extending the human range of mobility.

Nomenclature

M	: mass of the system (kg)
v	: velocity of the system (m/s)
\dot{v}	: derivative of the speed (m/s ²)
ω_i	: Angular velocity of the wheel (rad/s)
F_{Xi}	: tire longitudinal force (N)
F_{Zi}	: tire horizontal force (N)
λ_i	: wheel slip ratio
J	: wheel rotational inertia (kg. m ²)
T	: brake torque applied to the wheel (Nm)

Conflict of Interest Statement

The authors must declare that there is no conflict of interest in the study.

References

- [1] International Energy Agency [Internet]. Available from: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- [2] Energy Technology Perspectives 2020 [Internet]. Available from: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>
- [3] Yim H, Lee K. Preliminary modular design for electric personal mobility with design -engineering collaboration. *World Electr Veh J*. 2015;7(3):426–35.
- [4] Jesús F Lampón, Pablo Cabanelas, Vincent Frigant. The new automobile modular platforms: from the product architecture to the manufacturing network approach. *Munich Pers RePEc Arch* [Internet]. 2017;(79160). Available from: https://www.researchgate.net/publication/317823991_The_new_auto_mobile_modular_platforms_from_the_product_architecture_to_the_manufacturing_network_approach.
- [5] Henriques FE, Miguel PAC. Use of product and production modularity in the automotive industry: A comparative analysis of vehicles developed with the involvement of Brazilian engineering centers. *Geste Prod*. 2017;24(1):161–77.
- [6] Wang H, Candiotti J, Shino M, Chung CS, Grindle GG, Ding D, et al. Development of an advanced mobile base for personal mobility and manipulation appliance generation II robotic wheelchair. *J Spinal Cord Med*. 2013;36(4):333–46.
- [7] Nakajima S. Improved gait algorithm and mobility performance of RT-mover type personal mobility vehicle. *IEEE Access*. 2014;2:26–39.
- [8] Nakajima S. Concept of a Personal Mobility Vehicle for daily life. 2016 IEEE Int Conf Robot Biomimetics, ROBIO 2016. 2016;1492–7.
- [9] Ewert A, Brost M, Eisenmann C, Stieler S. Small and light electric vehicles: An analysis of feasible transport impacts and opportunities for improved urban land use. *Sustain*. 2020;12(19).

[10] Ling FF. *Vehicle Dynamics and Control*. Vehicle Dynamics and Control. 2006.

[11] Jing H, Jia F, Liu Z. Multi-Objective optimal control allocation for an over-Actuated electric vehicle. *IEEE Access*. 2017;6:4824–33.



COVID-19 ile İlgili Sosyal Medya Gönderilerinin Metin Madenciliği Yöntemlerine Dayalı Olarak Zaman-Mekansal Analizi

Aytuğ Onan^{1*}

¹ İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9434-5880)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.957020)

ATIF/REFERENCE: Onan, A. (2021). COVID-19 ile ilgili sosyal medya gönderilerinin metin madenciliği yöntemlerine dayalı olarak zaman-mekansal analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 138-143.

Öz

COVID-19, hastalığın ilk bildirildiği dönemden bu yana, şiddetli akut solunum sendromu büyük salgınlara neden olmaktadır ve dünya çapında bir pandemiye dönüşmüştür. Dünyanın birçok ülkesinde, COVID-19 salgınının zaman-mekansal analizine yönelik olarak önemli sayıda gerçek zamanlı, etkileşimli mobil ya da çevrimiçi coğrafi bilgi sistemleri, web siteleri ve uygulamalar geliştirilmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler ile pek çok farklı kaynaktan COVID-19 salgınına yönelik olarak elde edilen veriler, salgın durumuna ilişkin bilgilerin etkin ve zamanında elde edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır. İnternetteki medya ve iletişim platformlarında paylaşılan haber makaleleri, bulaşıcı hastalık salgınlarının izlenmesi ve takip edilmesi için önemli bir veri kaynağı niteliğindedir. Bu çalışmada, İngiltere ve İspanya'da COVID-19 sürecine ilişkin 2020 yılının mart, mayıs ve temmuz aylarında yayınlanan 299'ar tane haber makalesi toplanarak oluşturulan derlem kullanılmaktadır. Metin belgelerinin temsilinde, üç temel n-gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, tümce ögeleri 2-gram ve tümce ögeleri 3-gram öznitelikleri, kelime/tümce ögesi çiftleri, karakter n-gram (n=2) ve karakter n-gram (n=3) öznitelikleri ve bu özniteliklerin biraraya getirilmesi ile elde edilen topluluk öznitelik kümelerinin etkinlikleri değerlendirilmektedir. Öznitelik kümelerinin başarımlarının değerlendirilmesinde, altı temel makine öğrenmesi sınıflandırıcısı olan Naive Bayes algoritması, lojistik regresyon algoritması, destek vektör makineleri, C4.5 karar ağacı, k-en yakın komşu algoritması ve rastgele orman algoritması kullanılmaktadır. Deneysel analizlerde kullanılan on yedi farklı metin temsil yöntemi arasında en yüksek başarımın, sözcük tabanlı 1-gram özniteliklerin karakter tabanlı 3-gram modeli ile kullanıldığında elde edildiği görülmektedir. Deneysel analizlerde kullanılan temel sınıflandırma algoritmaları arasında en yüksek başarım rastgele orman algoritmasıyla, ikinci en yüksek başarım ise lojistik regresyon algoritmasıyla alınmaktadır. Deneysel analizler, makine öğrenmesi ve metin madenciliği tekniklerinin, salgın hastalıklara ilişkin sosyal medya gönderilerinin zaman/mekânsal analizi için uygun teknikler olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Metin madenciliği, Makine Öğrenmesi, Veri Bilimi.

Spatio-Temporal Analysis of Social Media Posts Related to COVID-19 Based on Text Mining Methods

Abstract

Since COVID-19 was first reported, severe acute respiratory syndrome has been causing massive outbreaks and has turned into a worldwide pandemic. In many countries of the world, a significant number of real-time, interactive mobile or online geographic information systems, websites and applications have been developed for the time-spatial analysis of the COVID-19 outbreak. The advances in information and communication technologies and the data obtained from many different sources regarding the COVID-19 outbreak are of great importance in order to obtain effective and timely information on the epidemic situation. News articles shared on media and communication platforms on the Internet are an important source of data for monitoring and tracking infectious disease outbreaks. In this study, 299 news articles published in March, May and July 2020 on the COVID-19 process in England and Spain are used. In the representation of text documents, the three basic n-gram models (1-gram, 2-gram, and 3-gram), part-of-speech 2-gram

* Sorumlu Yazar: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9434-5880, aytug.onan@ikcu.edu.tr

and part-of-speech 3-gram features, word / part-of-speech pairs, character n-gram (for, $n = 2$) and character n-gram (for, $n = 3$) features and the efficiency of the ensemble feature sets obtained by combining these features are evaluated. Naive Bayes algorithm, logistic regression algorithm, support vector machines, C4.5 decision tree, k-nearest neighbor algorithm and random forest algorithm are used to evaluate the performance of feature sets. Among the seventeen different text representation methods used in experimental analysis, it is seen that the highest performance is achieved when word-based unigram features are used with a character-based 3-gram model. Among the basic classification algorithms used in experimental analysis, the highest performance is obtained with the random forest algorithm, and the second highest performance is obtained with the logistic regression algorithm. Experimental analysis shows that machine learning and text mining techniques are suitable techniques for the spatio-temporal analysis of social media posts regarding epidemics.

Keywords: Text mining, Machine learning, Data Science.

1. Giriş

COVID-19, hastalığın ilk bildirildiği dönemden bu yana, şiddetli akut solunum sendromu büyük salgınlara neden olmaktadır ve dünya çapında bir pandemiye dönüşmüştür. COVID-19 salgını, dünya çapında birçok insanın yaşamını kaybetmesine neden olmuş, aralarında sağlık, eğitim, gıda ve iş organizasyonlarının da yer aldığı birçok alanda küresel ölçekte önemli değişikliklere yol açmıştır [1]. COVID-19 salgını süreci, hükümet ve araştırmacıların, akademik kurumların ve endüstri kuruluşlarının, salgını önlemeye yönelik olarak ortak hedefler etrafında birleşmesine neden olmuştur. Bu, sağlık kaynakları yönetimi, sosyal politika belirleme, salgın önleme ve tedavisi ile aşı geliştirmeye ilgili süreçlere ilişkin birçok çıktı elde edilmesini olanaklı hale getirmiştir [2]. Buna paralel olarak, İnternetteki medya ve iletişim platformlarında, COVID-19 salgını sürecinde Dünyanın farklı ülkelerinde uygulanan sosyal politikalara, salgın önleme ve tedavi uygulamalarına ve aşı geliştirme süreçlerine yönelik olarak paylaşılan birçok sosyal medya gönderisi ve haber makaleleri bulunmaktadır. İnternetteki gayri resmi paylaşım platformlarının, bulaşıcı hastalık ve salgınlara yönelik gönderilerin önemli bir bölümünü oluşturduğu ve Dünyadaki ilk ve zamanlı haberlerin bu tarz platformlardan elde edildiği görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) incelemeye aldığı tüm önemli salgınlardan ilk olarak İnternetteki gayri resmi platformlarda paylaşıldığı görülmektedir [3]. İnternetteki medya ve iletişim platformlarında paylaşılan haber makaleleri, bulaşıcı hastalık salgınlığının izlenmesi ve takip edilmesi için önemli bir veri kaynağı niteliğindedir. Dünyanın birçok ülkesinde, COVID-19 salgınının zaman-mekansal analizine yönelik olarak önemli sayıda gerçek zamanlı, etkileşimli mobil ya da çevrimiçi coğrafi bilgi sistemleri, web siteleri ve uygulamalar geliştirilmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler ile pek çok farklı kaynaktan COVID-19 salgınına yönelik olarak elde edilen veriler, salgın durumuna ilişkin bilgilerin etkin ve zamanında elde edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, İngiltere ve İspanya'da COVID-19 sürecine ilişkin 2020 yılının mart, mayıs ve temmuz aylarında yayınlanan 299'ar tane haber makalesi toplanarak oluşturulan derlem kullanılmaktadır. Metin belgelerinin temsilinde, üç temel n-gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, tümce ögeleri 2-gram ve tümce ögeleri 3-gram öznitelikleri, kelime/tümce ögesi çiftleri, karakter n-gram ($n=2$) ve karakter n-gram ($n=3$) öznitelikleri ve bu özniteliklerin biraraya getirilmesi ile elde edilen topluluk öznitelik kümelerinin etkinlikleri değerlendirilmektedir. Öznitelik kümelerinin başarımlarının değerlendirilmesinde, altı temel makine öğrenmesi sınıflandırıcısı olan Naive Bayes algoritması, lojistik regresyon algoritması, destek vektör makineleri, C4.5 karar ağacı, k-en yakın komşu algoritması ve rastgele orman algoritması kullanılmaktadır. Deneysel analizlerde kullanılan on yedi farklı

metin temsil yöntemi arasında en yüksek başarımın, sözcük tabanlı 1-gram özniteliklerin karakter tabanlı 3-gram modeli ile kullanıldığında elde edildiği görülmektedir. Deneysel analizlerde kullanılan temel sınıflandırma algoritmaları arasında en yüksek başarımlı rastgele orman algoritmasıyla, ikinci en yüksek başarımlı ise lojistik regresyon algoritmasıyla alınmaktadır. Deneysel analizler, makine öğrenmesi ve metin madenciliği tekniklerinin, salgın hastalıklara ilişkin sosyal medya gönderilerinin zaman/mekânsal analizi için uygun teknikler olduğunu göstermektedir. Çalışmanın geri kalanı şu şekilde yapılandırılmıştır: İkinci bölümde, ilgili çalışmalar tanıtılmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, çalışmanın metodolojisi, dördüncü bölümde deneysel sonuçlar ve tartışma, son bölümde ise çalışmanın genel sonuçlarına değinilmektedir.

2. İlgili Çalışmalar

Metin sınıflandırma, metin madenciliğinin, metin belgelerini daha önceden belirlenmiş bir veya daha fazla sınıf etiketine atayan önemli bir uygulama alanıdır [4]. Metin sınıflandırma, web sayfası sınıflandırma [5], duygu analizi [6-11], istenmeyen e-postaların filtrelenmesi [12] ve metin türü belirleme [13] gibi birçok alanda başarıyla uygulanmaktadır. COVID-19 gönderilerinin metin madenciliğiyle analizine yönelik olarak gerçekleştirilmiş birçok bilimsel çalışma bulunmakla birlikte, bu bölümün geri kalanında ilgili alandaki temel çalışmalara değinilmektedir.

Jahanbin ve Rahmanian [14] çalışmalarında, COVID-19 ile ilgili süreci kontrol etmek amacıyla, sosyal medya platformlarında paylaşılan salgınla ilgili haberleri ve sosyal ağ paylaşımlarını izleme ve takip etmeye yönelik olarak, bulanık c-ortalama kümeleme algoritmasına dayalı bir yöntem önerisi geliştirmiştir. Ordun vd. [15] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, COVID-19 ile ilgili Twitter üzerinde yapılan gönderilerin konu, anahtar terim ve özelliklere dayalı analizi için gizli Dirichlet tahsisi konu modelleme algoritması kullanılmaktadır. Bir başka çalışmada, Peng vd. [16] çalışmalarında, Çin'de yaygın kullanıma sahip olan bir sosyal medya platformu olan Sina Weibo üzerinde COVID-19 pnömoni vakalarının yardım alması amacıyla oluşturulan gönderileri zaman-mekansal olarak analiz etmektedir. Şubat 2020'de on günlük süreçte coğrafi etiketleme kullanılarak analiz edilen veriler ile COVID-19 aktarımının kentsel ve mekânsal özelliklerinin modellenmesi amaçlanmıştır. Li vd. [17] çalışmalarında, Amerika Birleşik Devletleri'nde zaman-mekansal ölçekte COVID-19 ile ilgili stres belirtilerini tespit etmek için korelasyon açıklaması öğrenme algoritmasına ve klinik tabanlı bir sözlüğe dayalı bir algoritma sunmaktadır. Geliştirilen yöntem, gizli Dirichlet tahsisine kıyasla insan müdahalesini daha aza indirgeyerek, başarımlı artırmayı amaçlamaktadır. Benzer şekilde, Chen vd. [18] tarafından COVID-19 ile ilgili Twitter mesajlarını zaman/mekânsal analiz etmeye yönelik olarak makine öğrenmesi ve konu modelleme

tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma, sosyal medya kullanıcılarının COVID-19 süreciyle ilgili zaman içerisinde nasıl farklı tepkiler verdiklerini anlamayı amaçlamaktadır. Deneysel analizler, analizlerin gerçekleştirildiği ülkelerde Twitter gönderi sayısı ile COVID-19 vakaları arasında korelasyon olduğunu göstermektedir. Bir diğer çalışmada, Boon-Itt ve Skunkan [19] çalışmalarında, Twitter kullanıcılarının COVID-19 salgınına yönelik gönderilerini analiz etmeye yönelik olarak duygu analizi ve gizli Dirichlet tahsisi algoritmasına dayalı konu modelleme yöntemlerine başvurmuştur.

3. Metodoloji

Bu bölümde, metin belgelerinin temsil edilmesinde kullanılan temel metin temsil yöntemleri ve deneysel analizlerde kullanılan temel makine öğrenmesi algoritmaları tanıtılmaktadır.

3.1. Metin Belgelerinin Temsili

Metin belgelerinin temsilinde, üç temel n -gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, tümce ögeleri 2-gram ve tümce ögeleri 3-gram öznitelikleri, kelime/tümce ögesi çiftleri, karakter n -gram ($n=2$) ve karakter n -gram ($n=3$) öznitelikleri ve bu özniteliklerin biraraya getirilmesi ile elde edilen topluluk öznitelik kümelerinin etkinlikleri değerlendirilmektedir.

3.1.1. N -gram metin temsili

Metin belgelerinin temsil edilmesinde en yaygın kullanıma sahip olan yöntemlerin başında n -gram metin temsili yöntemi gelmektedir. Bir n -gram, herhangi bir metin belgesinin n öğeden oluşan bitişik bir dizidir. Kelime tabanlı ve karakter tabanlı n -gramlar, metin madenciliği ve doğal dil işlemede yaygın kullanıma sahiptir [20]. Unigram (1-gram) öznitelik temsili, belirli bir sözcüğün metin belgesi içerisinde var olması ya da olmaması durumunu modeller. Bigram (2-gram) öznitelik temsili, birbiri ardına gelen sözcüklerin varlığını modellemek için kullanılır. Benzer şekilde, trigram (3-gram) öznitelik temsili, birbiri ardına gelen üç ardışık kelimenin ilgili metin parçası içerisinde varlığını modellemek için kullanılmaktadır. Kelime tabanlı n -gram modellerinin yanı sıra, karakter tabanlı n -gram modellerinde karakter n -gram ($n=2$), birbiri ardına gelen iki karakterin, karakter n -gram ($n=3$), ardışık üç karakterin ilgili metin parçası içerisinde varlığını modellemek için kullanılır. Metin belgesinden çıkarılan kelime tabanlı bazı unigram öznitelikler, “announced”, “april”, “are”, bazı bigram öznitelikler “across the”, “as being”, “cases have”, bazı trigram öznitelikler “has said that”, “hold daily press”, “in coronavirus battle” şeklindedir. Metin belgesinden çıkarılan karakter tabanlı n -gram ($n=2$) öznitelik örnekleri, “ra”, “sp”, “xt”, bazı karakter tabanlı n -gram ($n=3$) öznitelik örnekleri “bet”, “bla”, “boa” şeklindedir.

3.1.2. Tümce ögesi n -gram metin temsili

Metin madenciliği alanında yapılan çalışmalarda, tümce ögesi etiketleme (POS tagging), kelimenin tanımına ve bağlamına dayalı olarak, bir metindeki kelimelerin belirli bir tümce ögesine atanmasına yönelik bir doğal dil işleme uygulamasıdır. Etkin bir sınıflandırma modeli oluşturmak için, tümce ögesi etiketleme doğal dil işlemede yaygın kullanıma sahiptir. Bu çalışmada, tümce ögeleri 2-gram ve tümce ögeleri 3-gram öznitelikleri değerlendirmeye alınmıştır. Metin belgesinden çıkarılan, tümce ögeleri 2-gram özniteliklerinden bazıları “CC_NN”, “CC_NNS”, “CC_PRP”, tümce ögeleri 3-gram

özniteliklerinden bazıları ise “CC_CD_IN”, “CC_CD_IN” ve “CC_JJ_NN” şeklindedir.

3.1.3. Kelime/tümce ögesi çiftleri

Bazı durumlarda kelimelerin anlamları, metin içerisinde kullanıldıkları tümce ögesi çeşidine dayalı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu durumu modellemek amacıyla, kelime/tümce ögesi çiftleri özniteligi, herbir farklı kelime ve sözcük türü eşleşmesi için ayrı bir öznitelik çıkararak metin belgesini temsil etmektedir. Metin belgesinden çıkarılan bazı kelime/tümce ögesi çiftleri özniteligi örnekleri, “buy / VB”, “called / VBD”, “cases / NNS” şeklindedir.

3.2. Sınıflandırma Algoritmaları

Deneysel analizlerde, altı temel makine öğrenmesi sınıflandırıcısı olan Naive Bayes algoritması, lojistik regresyon algoritması, destek vektör makineleri, C4.5 karar ağacı, k -en yakın komşu algoritması ve rastgele orman algoritması kullanılmaktadır.

3.2.1. Naive Bayes algoritması

Naive Bayes algoritması (NB), öğrenme problemini modellerken, problemdeki öznitelikler arasında bağımsızlık olduğu varsayımına dayanan, Bayes teoremine dayalı olasılık tabanlı bir basit öğrenme algoritmasıdır. NB algoritmasının, özniteliklerin sınıf etiketini belirlemede birbirlerinden bağımsız olduğuna dayalı varsayımı, algoritmayı az sayıda parametre gerektiren ve oldukça ölçeklenebilir bir yapıya koymaktadır. NB algoritması, istenmeyen e-postaların filtrelenmesi başta olmak üzere, birçok metin madenciliği probleminde başarıyla kullanılabilen, daha karmaşık sınıflandırma algoritmaları ile rekabet edebilir performanslar elde edebildiği görülmektedir [4, 5].

3.2.2. Lojistik regresyon algoritması

Lojistik regresyon (LR) algoritması, meydana gelen herhangi bir olayın olasılığını modellemek için yordayıcı değişkenler arasında doğrusal bir fonksiyon kullanan temel bir öğrenme algoritmasıdır [20]. Lojistik regresyon algoritmasında, sınıf etiketlerinin belirlenmesinde kullanılan olasılık değeri, doğrudan parametreler üzerinde doğrusal fonksiyona dayalı olarak hesaplanır. Doğal dil işleme ve metin madenciliği uygulamalarında, lojistik regresyon algoritmasının, NB algoritması ile ortak birçok tasarım avantajına sahip olduğu, ölçeklenebilir olduğu ve doğru sınıflandırma başarımları bakımından oldukça etkili sonuçlar verdiği görülmektedir.

3.2.3. Destek vektör makineleri algoritması

Destek vektör makineleri algoritması (SVM), sınıflandırma ve regresyon problemlerinde uygulanabilen temel öğrenme algoritmaları arasındadır. SVM hem doğrusal hem de doğrusal olmayan sınıflandırma problemlerinde kullanılabilir. Burada, sınıflandırma süreci veri setinin yüksek boyutlu bir hiper düzlem oluşturacak şekilde bölünmesi ile oluşturulur [21].

3.2.4. C4.5 karar ağacı algoritması

Karar ağacı algoritmaları, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde başarıyla uygulanabilen, parametrik olmayan öğreticili öğrenme algoritmalarıdır. Burada, temel amaç, veri setinde yer alan özniteliklerden çıkarılan temel karar kurallarını öğrenerek, bir hedef değişkenin değerini tahmin eden bir

öğrenme modeli elde edilmesidir. Karar ağacı algoritmaları, bir özneteliğin önemini bağlamına dayalı olarak değiştirerek öğrenme modelini kurgulamaya çalışır. Karar ağacı algoritmaları sonucu elde edilen öğrenme modelleri ve kurallar, sınıflandırma sürecine ilişkin kararların kolay biçimde anlaşılması ve yorumlanmasını olanaklı hale getirir. Algoritma sonucu elde edilen ağaç yapısı görselleştirilebilir niteliktedir. C4.5 karar ağacı algoritması, ID3'ün halefidir ve sürekli öznetelik değerini ayrı bir aralıklar kümesine bölen ayrı bir özneteliği dinamik olarak tanımlayarak özneteliklerin kategorik olması gerektiği kısıtlamasını kaldırmıştır. Budama, kuralın doğruluğu o olmadan iyileşirse bir kuralın ön koşulu kaldırılarak yapılır [22].

3.2.5. K-en yakın komşu algoritması

K-en yakın komşu algoritması (KNN), örnek tabanlı bir sınıflandırma algoritmasıdır. K-en yakın komşu algoritmasında, k komşu sayısı parametresine dayalı olarak, sınıf etiketi belirlenmek istenen örnek için öncelikle herhangi bir uzaklık/yakınlık ölçütüne dayalı olarak k tane en yakın komşu belirlenir. Ardından, sınıflandırılmak istenen örnek, komşularının sınıf etiketlerinin çoğunluk oylamasına dayalı olarak sınıf etiketine atanır.

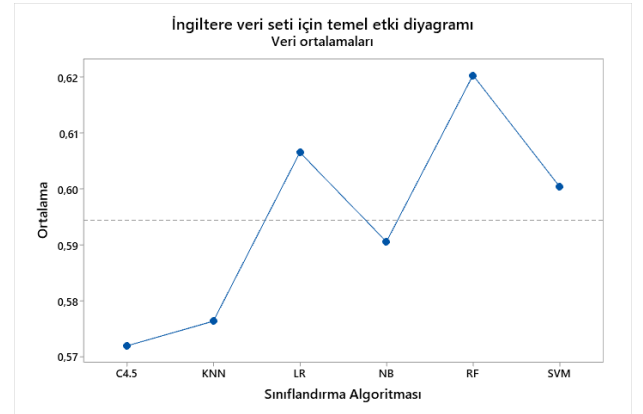
3.2.6. Rastgele orman algoritması

Rastgele orman algoritması (RF), veri kümesinin çeşitli alt örneklerine bir dizi karar ağacı sınıflandırma algoritmasını uygulayan ve tahmini doğruluğu ve aşırı uyumu kontrol etmek için ortalamayı kullanan bir meta tahminleyicidir. Alt örnek boyutu, önyükleme parametresi ile kontrol edilir [22].

4. Deneysel Süreç ve Sonuçlar

Deneysel analizlerde, İngiltere ve İspanya'da COVID-19 sürecine ilişkin 2020 yılının mart, mayıs ve temmuz aylarında yayınlanan 299'ar tane haber makalesi toplanarak oluşturulan derlem kullanılmaktadır [23]. İlgili veri seti, zaman tahmini için farklı dönemlerde elde edilen haber metni gönderilerine ilişkin anahtar sözcükleri öznetelik olarak içermektedir. Veri setinde tanımlı olan zaman periyotlarının, öğreticili öğrenme yöntemleri ile tahmin edilmesini gerektirmektedir. Deneysel analizlerde kullanılan temel öğrenme algoritmalarının ve metin temsil yöntemlerinin gerçekleştirimi Python dili kullanılarak scikit-

learn kütüphanesi aracılığıyla yapılmıştır. Deneysel analizlerde, öğrenme algoritmaları, 10-kat çapraz geçirme kullanılarak, doğru sınıflandırma oranına dayalı olarak değerlendirilmiştir. Tablo 1'de İngiltere veri seti üzerinde, Tablo 2'de ise İspanya veri seti üzerinde, on yedi metin temsil yöntemi ile altı farklı makine öğrenmesi aracılığıyla elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Deneysel analizlerde incelenen, kelime tabanlı n-gram modelleri olan, unigram, bigram ve trigram öznetelik temsil yöntemleri incelendiğinde, unigram metin temsili yönteminin diğer n-gram modellerine kıyasla daha yüksek başarımla elde ettiği görülmektedir. Tümce ögesi bigram öznetelik temsili, tümce ögesi trigram öznetelik temsiline kıyasla daha yüksek başarımla vermektedir. Karakter tabanlı n-gram modelleri arasında trigram modelin diğer birçok metin temsil yöntemine göre daha iyi performans elde ettiği görülmektedir. Deneysel analizlerde, temel metin tabanlı öznetelik temsil yöntemlerinin yanı sıra, bu özneteliklerin bir araya getirilmesi ile elde edilen topluluk öznetelik kümelerinin etkinlikleri değerlendirilmektedir. Deneysel sonuçlar, tüm konfigürasyonlar arasında en yüksek başarımla, kelime tabanlı unigram ile karakter tabanlı trigram özneteliklerin birlikte kullanılmasıyla elde edildiğini göstermektedir. Karşılaştırmalı analizlerde kullanılan sınıflandırma algoritmalarının başarımları Şekil 1'de özetlenmektedir. En yüksek performansın rastgele orman algoritmasıyla, ikinci en yüksek başarımla lojistik regresyon algoritmasıyla elde edildiği görülmektedir. Bunu, destek vektör makineleri algoritması takip etmektedir.



Şekil. 1. Karşılaştırılan yöntemlere ilişkin temel etki diyagramı

Tablo 1. İngiltere Veri Seti Üzerinde Temel Sınıflandırma Yöntemlerine İlişkin Deneysel Sonuçlar

Metin Temsil Yöntemi	NB	LR	SVM	C4.5	KNN	RF
Unigram	0,6388	0,6589	0,6622	0,5552	0,5819	0,6355
Bigram	0,5418	0,6154	0,6154	0,5619	0,5853	0,6488
Trigram	0,4916	0,5719	0,5652	0,5719	0,5351	0,5786
Tümce ögesi bigram	0,5619	0,5518	0,5284	0,5184	0,5786	0,5619
Tümce ögesi trigram	0,5452	0,4883	0,4916	0,4883	0,5518	0,5251
Kelime/tümce ögesi çiftleri	0,6187	0,6455	0,6388	0,5719	0,5786	0,6689
Unigram+Bigram+Trigram	0,5318	0,6321	0,6421	0,6087	0,5485	0,6288
Tümce ögesi bigram+Tümce ögesi trigram	0,5719	0,5151	0,5117	0,4669	0,5619	0,5652
Unigram+Bigram+Trigram+Tümce ögesi bigram+Tümce ögesi trigram+Kelime/tümce ögesi çiftleri	0,5686	0,6421	0,6288	0,5786	0,5485	0,6522
Karakter n-gram (n=2)	0,5987	0,5652	0,5552	0,5853	0,5619	0,5819
Karakter n-gram (n=3)	0,6722	0,6522	0,6522	0,6087	0,6321	0,6488

Unigram+karakter n-gram (n=3)	0,6756	0,6622	0,6555	0,6455	0,6020	0,6488
Bigram+karakter n-gram (n=3)	0,6321	0,6656	0,6455	0,5953	0,6187	0,6555
Trigram+karakter n-gram (n=3)	0,6120	0,6555	0,6622	0,6254	0,6187	0,6455
Unigram+karakter n-gram (n=2)	0,6522	0,6221	0,6221	0,5819	0,5652	0,6321
Bigram+karakter n-gram (n=2)	0,5886	0,5953	0,5920	0,5652	0,5686	0,6288
Trigram+karakter n-gram (n=2)	0,5385	0,5719	0,5385	0,5953	0,5619	0,6388

Tablo 2. İspanya Veri Seti Üzerinde Temel Sınıflandırma Yöntemlerine İlişkin Deneysel Sonuçlar

Metin Temsil Yöntemi	NB	LR	SVM	C4.5	KNN	RF
Unigram	0,6644	0,7013	0,6879	0,5570	0,5940	0,6644
Bigram	0,6141	0,6678	0,6342	0,5906	0,6242	0,6879
Trigram	0,5302	0,5878	0,5570	0,5772	0,5940	0,6275
Tümce ögesi bigram	0,5336	0,5671	0,5436	0,5805	0,6007	0,6174
Tümce ögesi trigram	0,5707	0,6007	0,6040	0,6074	0,5906	0,5940
Kelime/tümce ögesi çiftleri	0,6342	0,6812	0,6510	0,5638	0,5638	0,6980
Unigram+Bigram+Trigram	0,6141	0,6913	0,6812	0,6174	0,6007	0,6846
Tümce ögesi bigram+Tümce ögesi trigram	0,5839	0,5940	0,6007	0,6242	0,5805	0,6040
Unigram+Bigram+Trigram+Tümce ögesi bigram+Tümce ögesi trigram+Kelime/tümce ögesi çiftleri	0,6242	0,7013	0,6913	0,5872	0,6242	0,6242
Karakter n-gram (n=2)	0,6577	0,6309	0,6242	0,5839	0,6141	0,6409
Karakter n-gram (n=3)	0,6846	0,6745	0,6644	0,5906	0,6510	0,6208
Unigram+karakter n-gram (n=3)	0,6846	0,6745	0,6644	0,5906	0,6510	0,6208
Bigram+karakter n-gram (n=3)	0,6745	0,6745	0,6544	0,5738	0,6376	0,6946
Trigram+karakter n-gram (n=3)	0,6477	0,6812	0,6577	0,5872	0,6309	0,6510
Unigram+karakter n-gram (n=2)	0,6745	0,6779	0,6678	0,5235	0,6107	0,6745
Bigram+karakter n-gram (n=2)	0,6577	0,6544	0,6577	0,6007	0,6174	0,6611
Trigram+karakter n-gram (n=2)	0,6107	0,6544	0,6342	0,6040	0,5973	0,6141

5. Sonuç

COVID-19, hastalığın ilk bildirildiği dönemden bu yana, şiddetli akut solunum sendromu büyük salgınlara neden olmaktadır ve dünya çapında bir pandemiye dönüşmüştür. COVID-19 salgını, dünya çapında birçok insanın yaşamını kaybetmesine neden olmuş, aralarında sağlık, eğitim, gıda ve iş organizasyonlarının da yer aldığı birçok alanda küresel ölçekte önemli değişikliklere yol açmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler ile pek çok farklı kaynaktan COVID-19 salgınına yönelik olarak elde edilen veriler, salgın durumuna ilişkin bilgilerin etkin ve zamanında elde edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, İngiltere ve İspanya'da COVID-19 sürecine ilişkin 2020 yılının mart, mayıs ve temmuz aylarında yayınlanan 299'ar tane haber makalesi toplanarak oluşturulan derlem kullanılmaktadır. Metin belgelerinin temsilinde, üç temel n-gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, tümce ögeleri 2-gram ve tümce ögeleri 3-gram öznitelikleri, kelime/tümce ögesi çiftleri, karakter n-gram (n=2) ve karakter n-gram (n=3) öznitelikleri ve bu özniteliklerin biraraya getirilmesi ile elde edilen topluluk öznitelik kümelerinin etkinlikleri değerlendirilmektedir. Öznitelik kümelerinin başarımlarının değerlendirilmesinde, altı temel makine öğrenmesi sınıflandırıcısı olan Naive Bayes algoritması,

lojistik regresyon algoritması, destek vektör makineleri, C4.5 karar ağacı, k-en yakın komşu algoritması ve rastgele orman algoritması kullanılmaktadır. Deneysel analizlerde kullanılan on yedi farklı metin temsil yöntemi arasında en yüksek başarımın, sözcük tabanlı 1-gram özniteliklerin karakter tabanlı 3-gram modeli ile kullanıldığında elde edildiği görülmektedir. Deneysel analizlerde kullanılan temel sınıflandırma algoritmaları arasında en yüksek başarım rastgele orman algoritmasıyla, ikinci en yüksek başarım ise lojistik regresyon algoritmasıyla alınmaktadır. Deneysel analizler, makine öğrenmesi ve metin madenciliği tekniklerinin, salgın hastalıklara ilişkin sosyal medya gönderilerinin zaman/mekânsal analizi için uygun teknikler olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

1. Chawla, S., Mittal, M., Chawla, M., & Goyal, L. M. (2020). Corona virus-SARS-CoV-2: an insight to another way of natural disaster. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, 6(22).
2. Wang, L. L., & Lo, K. (2021). Text mining approaches for dealing with the rapidly expanding literature on COVID-19. *Briefings in Bioinformatics*, 22(2), 781-799.

3. Gajewski, K. N., Peterson, A. E., Chitale, R. A., Pavlin, J. A., Russell, K. L., & Chretien, J. P. (2014). A review of evaluations of electronic event-based biosurveillance systems. *PLoS one*, 9(10), e111222.
4. Onan, A., Korukoğlu, S., & Bulut, H. (2016). Ensemble of keyword extraction methods and classifiers in text classification. *Expert Systems with Applications*, 57, 232-247.
5. Onan, A. (2016). Classifier and feature set ensembles for web page classification. *Journal of Information Science*, 42(2), 150-165.
6. Onan, A., Korukoğlu, S., & Bulut, H. (2016). A multiobjective weighted voting ensemble classifier based on differential evolution algorithm for text sentiment classification. *Expert Systems with Applications*, 62, 1-16.
7. Onan, A., & Korukoğlu, S. (2017). A feature selection model based on genetic rank aggregation for text sentiment classification. *Journal of Information Science*, 43(1), 25-38.
8. Onan, A. (2017). Hybrid supervised clustering based ensemble scheme for text classification. *Kybernetes*.
9. Onan, A., & Toçoğlu, M. A. (2021). A term weighted neural language model and stacked bidirectional LSTM based framework for sarcasm identification. *IEEE Access*, 9, 7701-7722.
10. Onan, A., Korukoğlu, S., & Bulut, H. (2017). A hybrid ensemble pruning approach based on consensus clustering and multi-objective evolutionary algorithm for sentiment classification. *Information Processing & Management*, 53(4), 814-833.
11. Toçoğlu, M. A., & Onan, A. (2019, August). Satire detection in Turkish news articles: a machine learning approach. In *International Conference on Big Data Innovations and Applications* (pp. 107-117). Springer, Cham.
12. Onan, A. (2018, May). Review spam detection based on psychological and linguistic features. In *2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
13. Onan, A. (2018). An ensemble scheme based on language function analysis and feature engineering for text genre classification. *Journal of Information Science*, 44(1), 28-47.
14. Jahanbin, K., & Rahmanian, V. (2020). Using Twitter and web news mining to predict COVID-19 outbreak. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 13(8), 378.
15. Ordun, C., Purushotham, S., & Raff, E. (2020). Exploratory analysis of covid-19 tweets using topic modeling, umap, and digraphs. *arXiv preprint arXiv:2005.03082*.
16. Peng, Z., Wang, R., Liu, L., & Wu, H. (2020). Exploring urban spatial features of COVID-19 transmission in Wuhan based on social media data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6), 402.
17. Li, D., Chaudhary, H., & Zhang, Z. (2020). Modeling spatiotemporal pattern of depressive symptoms caused by COVID-19 using social media data mining. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 4988.
18. Chen, N., Zhong, Z., & Pang, J. (2021). An exploratory study of COVID-19 information on twitter in the greater region. *Big Data and Cognitive Computing*, 5(1), 5.
19. Boon-Itt, S., & Skunkan, Y. (2020). Public perception of the COVID-19 pandemic on Twitter: sentiment analysis and topic modeling study. *JMIR Public Health and Surveillance*, 6(4), e21978.
20. Onan, A. (2017). Twitter mesajları üzerinde makine öğrenmesi yöntemlerine dayalı duygu analizi. *Yönetim Bilişim Sistemleri*, 3(2), 1-14.
21. Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.
22. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *the Journal of machine Learning research*, 12, 2825-2830.
23. Roche, M. (2020). COVID-19 and Media datasets: Period- and location-specific textual data mining. *Data in brief*, 33, 106356.



Kablosuz EKG Cihazı Tasarımı ve Sinyal İşleme Teknikleri Kullanılarak Özniteliklerin Değerlendirilmesine Yönelik Web Sitesi Tasarımı

Sinem Abdioğlu^{1*}, Büşra Acar², Ahmet Reşit Kavsaoglu³

^{1*}Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2973-1299), abdioglusinem61@gmail.com

²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1709-9070), busraacar78@gmail.com

³Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4380-9075), kavsaoglu@hotmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951988)

ATIF/REFERENCE: Abdioğlu, S., Acar, B. & Kavsaoglu, A.R. (2021). Kablosuz EKG Cihazı Tasarımı ve Sinyal İşleme Teknikleri Kullanılarak Özniteliklerin Değerlendirilmesine Yönelik Web Sitesi Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 144-150.

Öz

Bu çalışmada, Wi-Fi haberleşme teknolojisi kullanılarak Elektrokardiyografi (EKG) sinyallerinin kablosuz olarak web ortamında görüntülenmesi ve gerekli sinyal işleme teknikleri kullanılarak bu sinyal hakkında yorum yapabilir dinamik bir sistem geliştirmek temel amaçtır. Bu doğrultuda ilk olarak Physionet.org web sayfasının sunduğu hazır EKG sinyalleri üzerinde çalışılmış ve bu sinyallerin öznitelik çıkarımları yapılmıştır. Aynı işlem AD8232 Kalp Atış Hızı Sensörü ile kaydedilen sinyaller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sinyaller işlenmeden önce sahip oldukları gürültülerden arındırılabilmesi için Kayan Ortalama Alma filtresinden geçirilmiştir. Elde edilen EKG sinyaline Pan-Tompkins algoritması uygulanmıştır. EKG sinyallerinin işlenmesi sonucu teşhis için kalp atım hızı ve kalp hız değişimi gibi öznitelikler elde edilmektedir. Çıkarılan bu öznitelikler erken teşhis ve tedavi imkânı sağlayabilmektedir. Bu çalışmada ortalama kalp atış hızına bağlı olarak ortaya çıkabilen Taşikardi ve Bradikardi durumlarının teşhisi gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar web arayüzünde görüntülenmiştir. Bu sistemde web arayüzü, hasta ve doktor tipinde iki adet kullanıcı seçeneğine hizmet sunmaktadır. Hasta, kendine ait bütün ölçümleri; ölçümün gerçekleştirildiği tarih ve saat, ölçüm sonucu ortaya çıkan ortalama kalp atış hızı ve bu sayının standartlara göre yorumlanmış hali (Taşikardi, Brakidardi veya Normal) ve hastanın kendisine ait detayları (T.C. Kimlik Numarası, Telefon Numarası, Mail Adresi vb.) bu sistemde görüntüleyebilmektedir. Hastalar kalp atış hızı hakkında düzenli ve doğru bilgiye ulaşabilmekte ve gereksiz doktor randevuları bu sistem sayesinde ortadan kaldırılabilmektedir. Doktor, randevuya gelen hastanın kalp sağlığı hakkında bazı tetkiklere gerek duymadan güvenilir ön bilgiye sahip olabilmektedir. Bu durum doktora zaman kazandırabilmekte ve daha fazla hastaya hizmet vermesine olanak sağlayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz haberleşme, EKG, Sinyal işleme, Öznitelik çıkarımı, Pan-Tompkins algoritması.

Wireless ECG Device Design and Website Design for the Evaluation of Features Using Signal Processing Techniques

Abstract

In this study, the main objective is to display Electrocardiography (ECG) signals wirelessly on the web using Wi-Fi communication technology and to develop a dynamic system that can interpret this signal by using the necessary signal processing techniques. In this direction, firstly, the ECG signals provided by the Physionet.org web page were studied and the feature extractions of these signals were made. The same process was performed on the signals recorded with the AD8232 Heart Rate Sensor. Before the signals are processed,

* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2973-1299, abdioglusinem61@gmail.com

they are passed through the Moving Averaging filter to remove any noise they may have. Pan-Tompkins algorithm is applied to the obtained ECG signal. As a result of processing ECG signals, features such as heart rate and heart rate change are obtained for diagnosis. These extracted features can provide early diagnosis and treatment opportunities. In this study, the diagnosis of Tachycardia and Bradycardia, which may occur depending on the average heart rate, was performed and the results were displayed on the web interface. In this system, the web interface serves for two user types as patient and doctor. All owned measurements; the date and time of the measurement, the average heart rate resulting from the measurement and the interpretation (Tachycardia, Brachydardy or Normal) of this number according to the standards and the patient's own details (T.R. Identity Number, Telephone Number, Mail Address, etc.) can be seen by the patient within this system. Patients can access regular and accurate information about heart rate. Unnecessary doctor appointments can be eliminated with the aid of this system. The doctor can have reliable preliminary information about the heart situation of the patient who comes to the appointment without the need for some examinations. This can save the doctor time to serve more patients.

Keywords: Wireless communication, ECG, Signal processing, Feature extraction, Pan-Tompkins algorithm.

1. Giriş

Kalp kası, kanı vücudun farklı bölgelerine pompalamak, gerekli kasılmayı ve genişlemeyi oluşturmak için bağımsız bir elektriksel uyarı sistemine ihtiyaç duymaktadır. Başka bir ifade ile kan basıncını oluşturmak ve kanı vücudun dolaşım sisteminde hareket ettirmek için elektrik sinyali verilir (Mazaheri V. & Khodadadi, H., 2020). Kalpte bulunan kasların eş zamanlı olarak kasılması neticesinde yüksek genliğe sahip elektriksel bir işaret oluşur. Vücut üzerinden algılanan bu işaret EKG olarak adlandırılmaktadır (Yazgan ,E. & Korürek, M., 1996). EKG, elektrik sinyallerinin kalp tarafından oluşturulan grafiksel bir kayıdır (Chee, J. & Seow, S.C. 2020).

EKG non-invaziv olarak kardiyovasküler hastalıklar için modern tıpta en yaygın bulunan ve rutin olarak gerçekleştirilen tanı araçlarından biridir (Li, Y. et al., 2020). EKG sinyalleri kalp problemlerini ve anormalliklerini belirlemek için doktorlar tarafından büyük ölçüde kullanılmaktadır (Mazaheri, V. & Khodadadi, H., 2020). EKG sinyallerinin işlenmesi ve değerlendirilmesi damardaki anormalliklerin tespit edilmesi, kalp kusurunun teşhisi ve hastalıkların tedavisinde faydalı bilgiler sağlar (Miao, F. et al., 2020). Örneğin; Heart Rate Variability (HRV) bir R noktasından, onu takip eden diğer R noktasına kadar geçen zaman aralığının grafiklenmesidir. Aynı zaman aralığında oluşan R tepeleri düşük HRV' ye yol açmaktadır. Düşük HRV' nin insan vücudundaki belirtileri; sürekli stres altında hissetme, çabuk yorulma ve adaptasyonda güçlük çekme olarak görülmektedir. HRV, otonom sinir sistemi (ANS) ve onun sempatik ve parasempatik dalları tarafından düzenlenmektedir. ANS' nin sempatik kolu, insanı harekete geçirmeye, tepki vermeye ve performans göstermeye hazırlayan bir sistemdir. Parasempatik taraf ise, vücudun güçlenmesini ve iyileşmesini sağlayan dinlenme ve sindirim sistemi olarak karakterize edilmektedir. İki sistem arasındaki doğal etkileşim, kalbin farklı durumlara ve ihtiyaçlara hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlamaktadır. İnsanlar telefon konuşması yaparken, mesaj gönderirken veya internette gezinirken kablosuz haberleşmeden faydalanmaktadırlar (Cao, K. et al., 2021). Kablosuz haberleşme sistemleri, bir dizi hücresel baz istasyonu vasıtasıyla kullanıcılar arasında kablosuz iletişimi sağlamaktadır. Son yıllarda sağlık sektöründe kablo bağlantılarının karışıklığından doğan problemleri ortadan kaldırmak ve kablo maliyetini düşürmek için kablosuz iletişim araçlarının kullanımı yaygınlaştırılmaktadır.

Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelerden sağlık alanında da yararlanılmaktadır. Elektronik Sağlık Kaydı Sistemleri (ESK), Tele Sağlık, Tele Ameliyat ve Klinik Karar Destek Sistemleri gibi uygulamalar ile tıp alanında birçok kolaylık sağlanmaktadır. Özellikle kişiselleştirilmiş sağlık

uygulamaları hem hasta hem de sağlık personeli arasında bir köprü kurmakla beraber sağlık personellerinin iş yükünü azaltmış ve hızlı teşhis-hızlı tedavi prensibinin benimsenmesine olanak sağlamıştır. Dünyamız her geçen gün hiç beklenmedik durumlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Özellikle, Covid-19 salgınıyla birlikte bir kez daha anlaşılmıştır ki bir ülkenin sağlık sistemi o ülkenin temel yapı taşlarından bir tanesidir. Dolayısıyla sağlık sistemlerini hem donanımsal hem de yazılımsal olarak her daim canlı tutmak daha fazla önem kazanmaktadır. Bu süreçte özellikle 65 yaş üstü insanlar risk grubunda bulunan ve aynı zamanda kalp ve dolaşım hastalıklarının da en çok görüldüğü yaş grubudur. Ülkemizde ve dünyada gerçekleşen ölümlerin başlıca sebebi kalp ve damar hastalıklarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu sebeple kalp ve damar hastalıklarında erken tanı ve teşhisin önemi büyük ölçüde artmaktadır.

Literatürdeki benzer örnekler incelendiğinde; Vajihe Mazaheri ve Hamed Khodadadi göre bir EKG aritmi saptama sisteminde özellik çıkarma, özellik seçimi ve sınıflandırıcı yapımı olmak üzere üç ana prosedür vardır. Tek anahtar prosedür olarak, özellik çıkarma, giriş verilerini bir dizi özelliğe dönüştürür ve çoğu kalp hastalığının tespitinde önemli bir rol oynar (Jenkins, A.C. et al., 2008).

Çalışmaların çoğunda dalgacık analizinin yapıldığı görülmektedir. Israa Tawfic ve Sema Kayhan'ın yapmış oldukları Kablosuz EKG olarak ana başlık altında topladıkları çalışmaya göre Wireless body area network (WBAN) adı verilen insan vücudunun içinde ve dışında bulunan çeşitli tıbbi sensörleri ve cihazları bağlamak için Telemonitoring olarak çalışmak üzere tasarlanmış, amaca yönelik bir sensör ağıdır. Şu an mevcut elektronik olarak hasta izleme sistemi ile karşılaştırıldığında WBAN' in iki adet avantajı bulunmaktadır. Bunlardan ilki taşınabilir izleme cihazlarını kullanarak hastaların hareketliliğidir; ikincisi, yerden bağımsız izleme olanağıdır. WBAN kullanıcın bilgilerini teknolojik aletlerde gösterebilme ve saklama özelliğine sahiptir (Tawfic, I. & Kayhan, S., 2015). Salah S. Al-Zaiti ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarındaki amaçları kablosuz EKG iletiminde mevcut ilerlemelerin güncel kanıtlarını, güncel sorunlarını ve potansiyel çözümlerini ve hasta sonuçları üzerindeki klinik etkisini sentezlemektir. Çalışmalarındaki ölçülen dijital EKG ideal olarak ham dijital formatında kablosuz olarak, yorumlama için uygun doktora gönderilmeden önce işleme yapmak için bir alıcı tarafına iletilir. 12 kurşun EKG elde edilen ve dijital olarak orijinal dalga formu ile bulaşan (3G) üçüncü nesil cep telefonu şebekesini kullanarak, uzaktan uyumlu bir alıcı tarafı için EKG cihazının modem biçimini temel alır. Alıcı tarafına EKG verilerini çözer, gözden geçirmek için EKG sinyalini yazdırır ve bir görüntü veya veri şeklinde doktorun cep telefonuna (veya e-postasına) gönderir (ikincisi telefonda yüklü bir veri görüntüleyici gerektirir). Daha

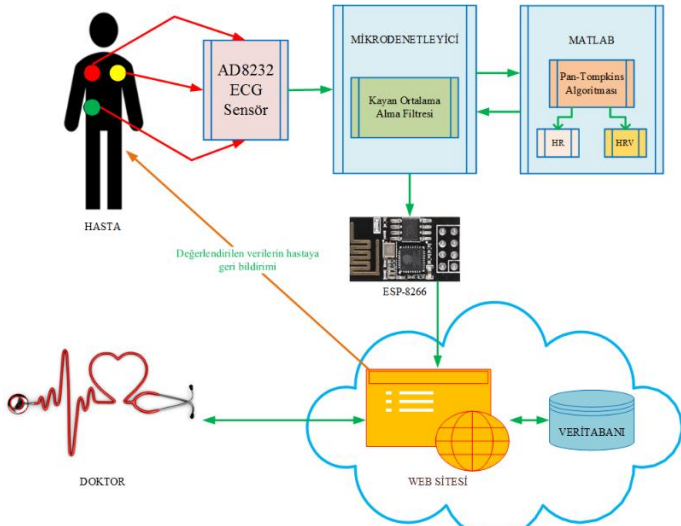
çok bulut tabanlı sistemlere benzemektedir. Buradaki çalışma daha çok acil tıbbi hizmetler (EMS) için kullanılması uygun görünen çalışmadır (Al-Zaiti, S.S. et al., 2013).

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada; yazılım geliştirme mikrodenetleyici kartı olarak Arduino UNO, hastadan EKG verisi elde etmek için AD8232 EKG sensörü ve elde edilen öznitelikleri web ara yüzüne iletmesi için ESP8266(ESP-01) Wi-Fi seri haberleşme modülü kullanılmaktadır. EKG sinyalinin elde edilmesi için Arduino IDE, sinyallere Pan-Tompkins algoritması (Pan & Tompkins, 1985) uygulanması için MATLAB, veri tabanı işlemleri için Microsoft SQL Server ve web arayüzünün oluşturulması için Visual Studio kullanılmıştır.

2.1. Materyal

Hastanın vücuduna yerleştirilen üç adet EKG elektrodu ve elektrotların bağlı olduğu AD8232 Kalp Atış Hızı Sensörü kullanılarak hasta üzerinden EKG sinyallerinin elde edilmesi Şekil 1’de blok diyagram olarak verilmiştir. Sinyaller çevresel ve fizyolojik koşullar sebebiyle birtakım gürültülere maruz kalmaktadır. Fizyolojik koşulların sebep olduğu gürültüler, hastanın ölçüm esnasında hareket etmesi, devam eden organ faaliyetleri ve insan vücudunun sahip olduğu deri direncinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı sinyal üzerinde kayan ortalama alma filtresi uygulanmıştır. Bu filtrenin kullanılmasındaki amaç; sürekli veri akışının olduğu durumlarda hata payını en aza indirmektir. Elde edilen sinyal MATLAB ortamına gönderilmiştir. Burada Pan-Tompkins algoritması kullanılarak öznitelik çıkarımları yapılmıştır. Öznitelikler ESP8266 Wi-Fi seri haberleşme modülü kullanılarak web arayüzüne gönderilmektedir. Web arayüzü, doktor ve hasta tipindeki kullanıcılara hizmet vermektedir. Bütün veriler ilgili veri tabanına kaydedilmektedir. Veri tabanı üzerinden önceki kayıtlar da doktor ve hasta tipindeki kullanıcılara gösterilebilmektedir.

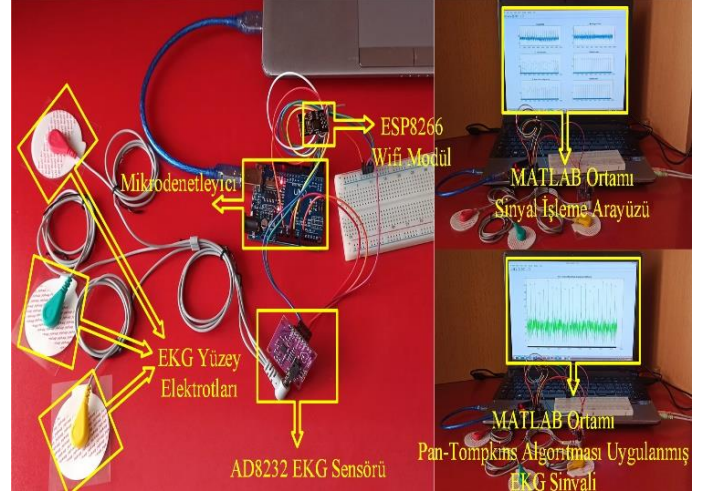


Şekil 1. Sisteme ait blok diyagram

2.2. Metot

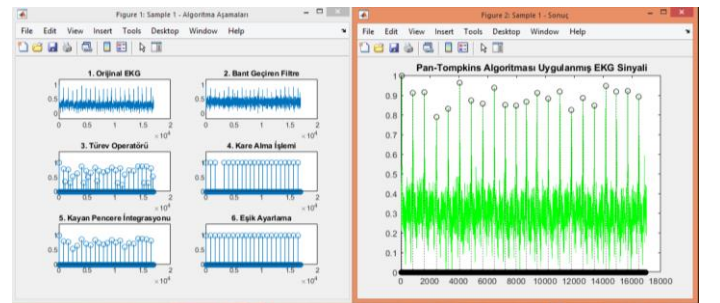
Sisteme ait sinyal elde etme donanımı ve sinyal işleme arayüzü Şekil 2’de gösterilmektedir. EKG Modülü (AD8232), üç adet elektrot bağlantısıyla hastanın sağ göğsüne, sol göğsüne ve toprak görevi gören sağ boşluğa takılarak EKG sinyalleri elde

edilmiştir. Sinyallere, yüksek miktarda gürültü içermesi ve düzenli olmaması sebebiyle kayan ortalama alma filtresi uygulanmıştır. Kayan ortalama alma filtresi, kısa vadeli dalgalanmaları düzeltmek ve uzun vadeli eğilimleri veya döngüleri vurgulamak için genellikle zaman serisi verileriyle birlikte hareketli bir ortalama alınması işlemidir.



Şekil 2. Sisteme ait sinyal elde etme donanımı ve sinyal işleme arayüzü.

Bu çalışmada Pan-Tompkins algoritması kullanılmasının amacı; birbirini takip eden R tepeleri arasında geçen süreyi ölçmektir. Bir R tepesinden diğer R tepesine kadar geçen süre kalp ve damar hastalıklarının erken teşhisi için önemli bir veri sunmaktadır. Bu süre normal insanlarda çoğunlukla aynı olmamakla birlikte birbirine yakın değerlerde seyretmektedir. Taşikardi veya Bradikardi gibi kalp hastalığına sahip insanlarda ise düzensiz, çok kısa aralıklı veya çok uzun aralıklı seyredebilmektedir. Bu aralığın düzgün gözlemlenmesi erken teşhis sağlamaktadır. Algoritma, MATLAB ortamında gerçekleştirilmiş olup bu algoritma sonucunda ortalama kalp atış hızına ulaşılabilmektedir. Ortalama kalp atış hızının tespiti, kalbin çalışması hakkında bilgi sağlamaktadır. Dinlenme halindeki normal bir kalp dakikada 60-100 kez atmakta iken bu rakam egzersiz yaparken dakikada 130-150 atıma kadar çıkabilmektedir. Normal şartlarda kalp 60 atımdan daha az atıyorsa Bradikardi, 100 atımdan daha fazla atıyorsa Taşikardi riski oluşmaktadır. Devam eden Taşikardi atakları kalp krizine sebep olabilmektedir ve acil müdahale gerektiren bir durumdur. Bradikardi ataklarının devam etmesi ise düşük tansiyon sebebiyle bayılma, organların yetersiz çalışması ve hatta ölüme kadar gidebilmektedir. Şekil 3’te Pan-Tompkins algoritması uygulanmış EKG sinyali gösterilmektedir.

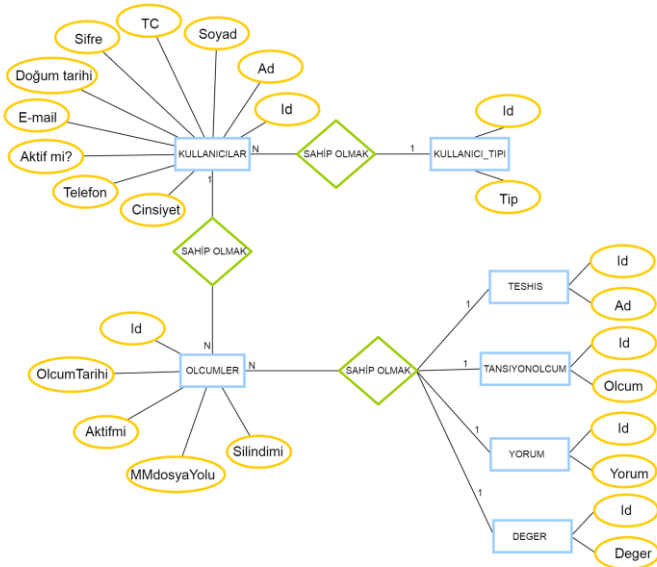


Şekil 3. Pan-Tompkins algoritması uygulanmış EKG sinyali.

Arduino ve MATLAB arasında seri haberleşme ile öznitelikler web arayüzüne iletilmektedir. Veri tabanı Microsoft

SQL Server’ da oluşturulmadan önce Şekil 4’te verilen Entity-Relationship (ER) diyagramı çizilmiştir. ER diyagramı veri tabanında tutulan varlıkların ilişkilerini gösteren görsel bir ifade biçimidir.

“KULLANICILAR”, “OLCUMLER”, “TESHIS”, “KULLANICI_TIPI”, “TANSİYONOLCUM”, “YORUM” ve “DEGER” isimli yedi adet tablo SQL Server’da oluşturulmuştur. KULLANICILAR tablosunda, oluşturulan dokuz adet sütun kullanıcıya ait bilgileri tutmaktadır. “Id” özelliği kullanıcıları birbirinden ayırt etmek için “Ad” ve “Soyad” sütunları, kullanıcının isim ve soyisim bilgilerini almak için “T.C.”, “Sifre”, “eMail”, “Telefon” ve “DogumTarihi” kullanıcı hakkında depolanan diğer verilerdir. “AktifMi” özelliği ise kullanıcının sistemde aktif ya da pasif olma durumunu kontrol etmek amacıyla depolanmaktadır. “KULLANICI_TIPI” isimli tabloda “Id” sütunu aynı görevi karşılarken “Tip” sütunu kullanıcının “Hasta” veya “Doktor” tipinde olduğunu kaydetmektedir. TESHIS tablosunda da diğer tablolarda olduğu gibi “Id” aynı amaçla kullanılmakla beraber “Ad” sütunu Bradikardi, Taşikardi veya Normal tipinde özneliklerin yorumlanmış hallerini depolamaktadırlar. Son olarak “OLCUMLER” isimli tabloda “Id” ve “AktifMi” sütunları aynı görevi üstlenirken “OlcumTarihi” ölçümün yapıldığı tarihi ve saati, “MMdosyaYolu” isimli sütun ise hastaya ait kişisel bilgileri ve ölçüm bilgilerini içeren bir pdf dosyasının yolunu tutmak amacıyla oluşturulmuştur. Dosyanın direkt olarak “pdf” formatında yüklenmeyip dosya yolunun tutulmasının nedeni sistemin daha hızlı ve daha performanslı çalışabilmesi içindir. Diyagramda bulunan “SilindiMi” isimli sütun ise ilgili kaydın silinme durumunu kontrol etmektedir. Hastanın girdiği tansiyon değerlerini kayıt altında tutmak için “TANSİYONOLCUM” isimli tablo, Hesaplanan ortalama kalp atış değerlerinin tutulması için “DEGER” isimli tablo ve ortalama kalp atış hızına ait yorumlanmış veriyi tutmak için “YORUM” isimli tablo oluşturulmuştur.



Şekil 4. ER Diyagramı

Web arayüzü C# diliyle ve NET Core Framework ile yazılmıştır. Web arayüzü ile veri tabanı bağlantısı sağlanmıştır. Böylece önceden yapılan bütün ölçümler veri tabanına kaydedilmiş ve gerekli görülmesi durumunda bu kayıtlar kullanıcıya gösterilmektedir. Bu sistem veri tabanı alt yapısı sayesinde büyük bir veri kaydı depolamaktadır. Bu veri seti kalp

ve damar hastalıklarına bağlı ölüm oranlarını azaltmak ve sağlık sistemlerini iyileştirmek gibi çeşitli amaçlara hizmet edebilmektedir. Ayrıca sistemde yaş, cinsiyet, toplam kolesterol, sistolik kan basıncı ve sigara kullanma parametrelerine bakılarak kalp krizi riski hesaplaması yapılmaktadır.

Hasta tipindeki kullanıcıya ait arayüz Şekil 5’te verilmektedir. Sayfanın sol üst köşesinde hastanın isim-soyisim, yaş ve cinsiyet bilgileri bulunmaktadır. Bu alanın altında ise hastaya ait son ölçümün bilgileri yer almaktadır. Hasta bu ekrana bakarak son ölçümü hakkında koyulan teşhise ulaşabilmekte ve daha detaylı bilgi edinmek istemesi halinde “pdf indir” butonuna basarak yazılı bir belge elde edebilmekte, dilerse bu pdf dosyasını doktor muayenesi sırasında gösterebilmektedir. Hasta daha önceden kaydetmiş olduğu ölçümlerine ulaşmak istemesi durumunda “Basınız” isimli butona basarak açılır tablodan bu kayıtlara ulaşabilmektedir. Aynı zamanda bu tabloda, ölçümün gerçekleştirildiği tarihi, elde edilmiş ölçüm değeri, bu değere bağlı teşhisi, ölçüm sırasında kendi isteğiyle girdiği tansiyon değerini ve tansiyon değerinin yorumlanmış halini görebilmektedir. Bu bilgilerin veri tabanında tutulmasının sebebi hastanın elektronik sağlık geçmişi oluşturmak amacını taşımaktadır.

HOŞGELDİNİZ. Kabiniz Bizim İçin Değerlidir.

Büşra ACAR
Yaş: 23
Cinsiyet: Kadın

Ölçüm Id	TC	Ad Soyad	Cinsiyet	Teşhis	Ölçüm Tarihi
1	1234567890	Büşra ACAR	Kadın	Normal	20.05.2021

Aktif Sonuç Sayısı: 1

Önceki Ölçümlere Bakmak için

Ölçüm Tarihi	Kalp Atım Hızı(dakika)	Teşhis	Sistolik Kan Basıncı(mmHg)	Yorum
20.05.2021	71.881	Normal	120	Tansiyon değeriniz normaldir.
07.05.2021	62.334	Normal	120	Tansiyon değeriniz normaldir.
06.05.2021	60.239	Normal	140	Hipertansiyon riskinde değersiniz.
28.02.2021	45.288	Bradikardi	90	Düşük tansiyon değerine sahipsiniz.

Kalp Krizi Riskinizi Öğrenmek İster Misiniz?

Yaş: Cinsiyet: Sigara Kullanıyor Musunuz?:

Toplam Kolesterol (mg/dl): Sistolik Kan Basıncı (mmHg):

Şekil 5. Hasta tipinde bir kullanıcıya ait arayüz.

Bir doktorun muayene esnasında hastaya ait geçmiş verilere ulaşabilmesi teşhis sürelerini kısaltırken doktorun iş yükünü de azaltmaktadır. Hasta ev ortamında konforlu, güvenilir ve ekonomik bir şekilde hem ölçümlerini yapabilmekte hem de teşhisini gerçekleştirebilmektedir. Hasta arayüzünde ek olarak “Kalp Krizi Riskinizi Öğrenmek İster Misiniz?” isimli bir alan bulunmaktadır. Hasta kendine ait istenilen verileri bu alana girdiği takdirde kalp krizi geçirme riskini öğrenebilmektedir. Bu alanda hastadan girmesi beklenen veriler, e-Nabız sisteminin de kullandığı verilerdir.

Doktor tipindeki kullanıcıya ait arayüz Şekil 6’da yer almaktadır. Hasta sayfasında da olduğu gibi sol üst köşede doktora ait isim-soyisim bilgisi bulunmaktadır. Bu alanın altında, doktor takibini yaptığı hastaları ve hastalara ait ölçümleri görebilmektedir. Detaylı inceleme yapmak istemesi durumunda “EKG Sinyalini Görüntüle” isimli butona basarak, EKG sinyalinin görüntüleyebilmektedir. Böyle bir sistemin doktora sağlayacağı faydalar; iş yükünün azalması, zaman kazanımı ve daha fazla hastaya hizmet verebilme şeklinde sıralanabilmektedir.



Şekil 6. Doktor tipinde bir kullanıcıya ait arayüz.

Benzer çalışmalardan bazıları, mevcut çalışmanın literatüre katkılarını belirtmek ve güncel farklılıklarını sunabilmek için

Tablo 1. Hasta kullanıcı sağlık verilerinin işlenerek değerlendirme sonucunun Web arayüzü ile sunulmasını sağlayan çalışmaların karşılaştırılması.

Özellikler Çalışma	HR Algoritma	Haberleşme Türü	Kullanıcı/ Doktor Web Arayüzü	Veri depolama	Veri Alma Taşınabilir(T)/ Sabit(S)	Hastaya Online Geribildirim
Makale Çalışması	<i>Pan-Tompkins ile HR ve HRV belirleme</i>	<i>Wifi+Mobil</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>SQL</i>	<i>T</i>	✓
Kahani, N., Elgazzar, K., & Cordy, J. R. (2016)	-	<i>Kablolu</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>Bulut</i>	<i>S</i>	✓
Raj, C., Jain, C., & Arif, W. (2017)	-	<i>Kablolu</i>	<i>Doktor</i>	<i>Bulut</i>	<i>T</i>	✓
Khan, M. M., & Karim, R. (2020)	-	<i>Kablolu-Mobil</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	-	-	✓
Sengan, S., Kamalam, G. K., Vellingiri vd (2020)	-	<i>Kablolu</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>SQL</i>	<i>S</i>	✓
Taştan, M. (2018)	<i>Inter Beat Interval (IBI)</i>	<i>Bluetooth+Wifi</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>Bulut</i>	<i>T</i>	✓
Jong, G. J., & Horng, G. J. (2017)	<i>Fuzzy</i>	<i>Bluetooth+Wifi</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>Bulut</i>	<i>S</i>	✓
Molina, E., Torres, C. E. S. vd. (2020)	<i>EEG Cihazı</i>	-	<i>Doktor</i>	<i>SQL</i>	<i>S</i>	-
Kırbaş, İ., & Bayılmış, C. (2012)	<i>MATLAB</i>	<i>Wifi</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>SQL</i>	<i>T</i>	✓
Hussein, A. F. vd. (2018)	<i>Pan-Tompkins QRS belirleme</i>	<i>Bluetooth</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>Bulut+SQL</i>	<i>T</i>	✓
Quintero, L., vd. (2019)	<i>R tepesi için Argmax fonksiyonu</i>	<i>Bluetooth+Mobil</i>	<i>Hasta</i>	<i>Log dosyası</i>	<i>T</i>	✓
Kirtana, R. N., & Lokeswari, Y. V. (2017)	<i>Inter Beat Interval (IBI)</i>	<i>Bluetooth+Wifi</i>	<i>Hasta</i>	<i>SQL</i>	<i>T</i>	-
Zhang, Q., Zhou, D., & Zeng, X. (2017)	<i>Butterworth + ML enabled framework (MLEF)</i>	<i>USB</i>	-	-	<i>T</i>	-
Alafeef, M. (2017)	<i>MATLAB</i>	-	-	-	<i>T</i>	-
Andreadis, I. I., & Nikita, K. S. (2019)	-	<i>Wifi</i>	<i>Hasta+Doktor</i>	<i>Veri tabanı</i>	<i>T</i>	✓
Chen, C. M. (2011)	<i>Pan-Tompkins QRS belirleme</i>	<i>Wifi</i>	<i>Doktor</i>	<i>Web Server</i>	<i>T</i>	-

Tablo 1’de karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma kriteri olarak 6 farklı özellik belirlenmiştir. Bu özellikler yapılan çalışmaların güncel teknolojisi ve doktordan bağımsız olarak hastaya kalp-damar verilerinin değerlendirme bilgisini verebilmesi ile gömülü sistemler ile bütünleştirilmiş HR sensörleri vb sağlık bilgisi sensörleri ile bulunduğu ortamdan web arayüzüne sadece verilerini göndererek değerlendirme sonucu alabilmesi üzerine oluşturulmuştur. Pan-Tompkins algoritmasının kullanılması da sensör ölçümlerinin hassasiyetini arttırmaya yöneliktir.

3. Tartışma

T. K. Kho ve arkadaşları öneri olarak sundukları hasta üzerinden alınan EKG sinyalinin alındıktan sonra Bluetooth yöntemiyle veriyi transfer etmişlerdir. Geliştirdikleri uygulama programı, bu sinyali grafik şeklinde karşı taraftaki bilgisayarda görüntülemektedir. (Kho, T. K. et al.,2005).

Angela C. Jenkins ve arkadaşları ise bir Toksikoloji çalışma ortamında harici, Bluetooth tabanlı, EKG telemetri sistemini değerlendirmektedir. Bu sistem, aynı odada 36 hayvana kadar EKG'lerin eşzamanlı olarak toplanmasını sağlar. Ayrıca, sistemin sınırsız insan olmayan primatlarda (Nhps) en az 24 saat boyunca EKG verilerini sürekli olarak elde etme yeteneği ve diğer kablosuz iletişim cihazlarıyla Wi-Fi gibi etkileşim potansiyeli hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Hayvanlar arasında sinyal paraziti gözlenmemiştir. Aynı bir deneyde, kablosuz sinyal Bluetooth ve Wi-Fi sistemleri arasındaki dikkat test edilmiştir ve sonuç olarak Bluetooth cihazlarının bir Wi-Fi kablosuz ağ sistemi ile parazitsiz bir arada var olduğu bulunmuştur. Görülmüştür ki telemetri, fizyolojik parametrelerin (EKG, kan basıncı, vücut ısısı) kaydedilmesine izin veren terminal olmayan bir tekniktir (Jenkins, A.C. et al., 2019).

Literatürden alınan Tablo 1'deki çalışmalar incelendiğinde oluşturulan çalışmanın; Pan-Tompkins algoritması kullanılması, kablosuz haberleşme türü olarak Wi-Fi tercih edilmesi, taşınabilir veri toplama sistemi olması, hasta ve doktor kullanıcı arayüzü ile hastaya değerlendirilen verilerin çevrimiçi olarak sunulabilmesi özellikleri farklılık oluşturmaktadır. Çalışmanın literatürdeki çalışmalardan bariz şekilde ayrılmasını sağlayan nokta, EKG sinyallerinin mikrodenetleyicide filtrelenerek MATLAB ortamında Pan-Tompkins algoritması uygulandıktan sonra Web sitesinde hasta kullanıcı verisi olarak kaydedilip değerlendirildikten sonra hastaya değerlendirme bilgisi olarak aktarılmasıdır. Bu yöntem ile doktor ve hasta doğrudan birbirleri ile iletişime geçmeleri yerine sonuç odaklı pratik bir tedavi sunulabilmektedir. Ayrıca çalışmada herhangi bir tıbbi cihaz ve doktor muayenesine ihtiyaç duyulmaksızın EKG sinyallerinden çıkarım yapılmakta ve bu çıkarımların sonucu ölçümü yapan kişi tarafından görüntülenebilmektedir. Veri tabanı sayesinde bütün değerler kayıt altına alınmakta ve bu kayıtlar kişinin kalp sağlığı hakkında önemli bilgileri içeren bir veri seti haline getirilmektedir. Bu konuda var olan eksiklik bu çalışma ile giderilmeye çalışılmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışma, kullanılmakta olan elektronik sağlık sistemlerinin eksik taraflarını tamamlamak amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan elektronik sağlık uygulamalarında, kullanıcıya ait raporlar görüntülenebilmekte fakat bu raporlara ait uzman görüşü için hastanın mutlaka doktor randevusu alması gerekmektedir. Bu durum bazen gereksiz doktor randevularına ve buna bağlı olarak hastahane yoğunluklarına yol açabilmektedir. Hastanın, çok ciddi olmayan durumlarda uzman doktor görüşüne herhangi bir sağlık kuruluşuna başvurmadan ulaşabilmesi bu çalışmanın önemini arttırmakla birlikte doktorların iş yükünü ve tanı koyma süresini de azaltmaktadır. Diğer yandan hastalara kişiselleştirilmiş sağlık hizmetlerini ekonomik ve ulaşılabilir olarak sunabilecek bir çalışmadır. Acil tıbbi müdahale gerektiren durumlarda kişiselleştirilmiş sağlık hizmetlerinin önemli bir rolü bulunmaktadır. Anlık geri bildirim özelliği sayesinde birçok hastaya hızlıca ulaşılabilen ve tedavi

edilebilmektedir. Bu çalışma kişiselleştirilmiş sağlık uygulamalarının yüksek ulaşılabilirlik seviyesine getirilmesini hedeflemekle birlikte hasta ve doktor arasında dijital bir köprü görevi görmektedir.

Ayrıca bu sistem sayesinde uzman yazılım personeline de yer verilip EKG'den elde edilebilecek ilave özellikler ile doktor yorumlarının birlikte analizinin gerçekleştirilebilmesi mümkün kılınabilecektir. Böylelikle bu web site tasarımında hasta kullanıcıları arttıkça sürekli genişleyen veri tabanından oluşturulacak dinamik veri seti, yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri ile eğitilerek doktor yorumlarını tahmin edebilen bir web site tasarımına dönüştürülebilecektir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı tarafından yürütülen "2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı" 2020/2 dönemi kapsamında hibe desteği almaya hak kazanmıştır. Değerli destekleri için TÜBİTAK kurumuna teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Alafeef, M. (2017). Smartphone-based photoplethysmographic imaging for heart rate monitoring. *Journal of medical engineering & technology*, 41(5), 387-395.
- Al-Zaiti, S.S., Shusterman, V., Carey, M.G. (2013). Novel technical solutions for wireless ECG transmission & analysis in the age of the internet cloud, *Journal of Electrocardiology*, 46(6), 540-54.
- Andreadis, I. I., & Nikita, K. S. (2019). Tele-, Mobile-and Web-Based Technologies in Cardiovascular Medicine. In *Cardiovascular Computing—Methodologies and Clinical Applications* (pp. 261-277). Springer, Singapore.
- Cao, K., Hu, T., Li, Z., Zhao, G., & Qian, X. (2021). Deep multi-task learning model for time series prediction in wireless communication. *Physical Communication*, 44(December). <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2020.101251>
- Chen, C. M. (2011). Web-based remote human pulse monitoring system with intelligent data analysis for home health care. *Expert Systems with Applications*, 38(3).
- Goldberger, A.L., Amaral, L.A.N., Glass, L., Hausdorff, J.M., Ivanov, P.C.H., Mark RG, Mietus, J.E., Moody, G.B., Peng, C.K., Stanley, H.E. *PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals*. *Circulation* 101(23): e215-e220
- Hussein, A. F., Burbano-Fernandez, M., Ramirez-González, G., Abdulhay, E., & De Albuquerque, V. H. C. (2018). An automated remote cloud-based heart rate variability monitoring system. *IEEE Access*, 6, 77055-77064.
- Jenkins, A.C., Mitchell, R. D. Sarazan. (2008). Noninvasive ECG telemetry using Bluetooth® technology in conscious nonhuman primates in a toxicology study setting, *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 461, 152-153
- Jong, G. J., & Horng, G. J. (2017). Fuzzy Inference Engine Integrated with Blood Pressure and Heart Variability for Medical Web Platform. *Wireless Personal Communications*, 92(4), 1695-1712.
- Kahani, N., Elgazzar, K., & Cordy, J. R. (2016, April). Authentication and access control in e-health systems in the cloud. In *2016 IEEE 2nd International Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity)*, IEEE

- International Conference on High Performance and Smart Computing (HPSC), and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS) (pp. 13-23). IEEE.
- Khan, M. M., Karim, R. (2020, December). Development of Smart e-Health System for COVID-19 Pandemic. In 2020 23rd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT) (pp. 1-6). IEEE.
- Kirbaş, İ., & Bayılmış, C. (2012). HealthFace: A web-based remote monitoring interface for medical healthcare systems based on a wireless body area sensor network. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 20(4), 629-638.
- Kirtana, R. N., & Lokeswari, Y. V. (2017, January). An IoT based remote HRV monitoring system for hypertensive patients. In 2017 International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP) (pp. 1-6). IEEE.
- Kong, D., Zhu, J., Wu, S., Duan, C., Lu, L., & Chen, D. (2019). A novel IRBF-RVM model for diagnosis of atrial fibrillation. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 177, 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.05.028>
- Li, Y., Qu, Q., Wang, M., Yu, L., Wang, J., Shen, L., & He, K. (2020). Deep learning for digitizing highly noisy paper-based ECG records. *Computers in Biology and Medicine*, 127(October), 104077. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2020.104077>
- Mazaheri, V., & Khodadadi, H. (2020). Heart arrhythmia diagnosis based on the combination of morphological, frequency and nonlinear features of ECG signals and metaheuristic feature selection algorithm. *Expert Systems with Applications*, 161(December), 1–39. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113697>
- Miao, F., Wen, B., Hu, Z., Fortino, G., Wang, X. P., Liu, Z. D., Tang, M., & Li, Y. (2020). Continuous blood pressure measurement from one-channel electrocardiogram signal using deep-learning techniques. *Artificial Intelligence in Medicine*, 108(August), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101919>
- Molina, E., Torres, C. E. S., Salazar-Cabrera, R., López, D. M., & Vargas-Cañas, R. (2020). Intelligent telehealth system to support epilepsy diagnosis. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 13, 433.
- Pan, J., & Tompkins, W. J. (1985). A real-time QRS detection algorithm. *IEEE transactions on biomedical engineering*, (3), 230-236.
- Quintero, L., Papapetrou, P., Muñoz, J. E., & Fors, U. (2019, November). Implementation of Mobile-Based Real-Time Heart Rate Variability Detection for Personalized Healthcare. In 2019 International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW) (pp. 838-846). IEEE.
- Raj, C., Jain, C., & Arif, W. (2017, March). HEMAN: Health monitoring and nous: An IoT based e-health care system for remote telemedicine. In 2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET) (pp. 2115-2119). IEEE.
- Sengan, S., Kamalam, G. K., Vellingiri, J., Gopal, J., Velayutham, P., & Subramaniaswamy, V. (2020). Medical information retrieval systems for e-Health care records using fuzzy based machine learning model. *Microprocessors and Microsystems*, 103344.
- Kho, T. K., Besar, R., Tan, Y. S., Tee, K. H. & Ong, K. C. "Bluetooth-enabled ECG Monitoring System", in TENCON, 2005, pp. 1-5, 21-24 Nov. 2005.
- Taştan, M. (2018). Iot based wearable smart health monitoring system. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 14(3), 343-350.
- Rajendra, U., AcharyaJasjit S., SuriJos A., SpaanShankar, E., Krishnan, M. (2007). *Advances in Cardiac Signal Processing*, SpringerLink.com, 441, 121-165. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-36675-1#toc>
- Yazgan, E., & Korürek, M. (1996). *Tıp Elektroniği*. 373, 90-102.
- Zhang, Q., Zhou, D., & Zeng, X. (2017). Highly wearable cuff-less blood pressure and heart rate monitoring with single-arm electrocardiogram and photoplethysmogram signals. *Biomedical engineering online*, 16(1), 1-20.



Dual-Band Frequency Absorber Based on Split-Ring Resonators for WiMAX and WLAN Bands

Alparslan Cinar^{1*}, S. Cumhuri Basaran²

^{1*} Akdeniz University, Elmali Vocational School, Antalya, Turkey (ORCID: 0000-0002-9113-6549), alparslancinar@akdeniz.edu.tr

² Akdeniz University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Electronics Engineering, Antalya, Turkey (ORCID: 0000-0001-6432-4512), cbasaran@akdeniz.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.946574)

ATIF/REFERENCE: Cinar, A. & Basaran, S.C. (2021). Dual-Band Frequency Absorber Based on Split-Ring Resonators for WiMAX and WLAN Bands. *European Journal of Science and Technology*, (26), 151-154.

Abstract

In this paper, a dual-band compact absorber design based on split-ring resonator for WiMAX and WLAN bands is presented. Top plate of a unit cell in the proposed design is composed of three concentric circular split ring (SR) elements covers an area of $\pi \times 13.42$ mm² and placed on a FR4 substrate with 1.5 mm thickness, dielectric constant of 4.3 and loss tangent of 0.025. Also, six miniature metallic loadings are appropriately inserted between the SR elements. The back side of the substrate is covered full ground plane for shielding transmission from port 1 to port 2. In the design, SR elements are primary resonator of the proposed absorber and provide a dual band of absorption at the respective frequencies. The metallic loadings are used for fine frequency tuning where the absorption peaks occur. Hence, the absorption frequency of the design can be easily tuned by means of sliding the loadings between the rings without changing any design parameters. The proposed compact absorber excited by incident electromagnetic wave provides 0.92 and 0.97 absorption peaks at 3.52 GHz WiMAX and 5.16 GHz WLAN bands, respectively. The design and analysis of the absorber are performed by means of CST Microwave Studio based on frequency domain solver. In this paper, the absorber design with novel configuration is introduced in detail and its corresponding electric field distributions and absorption characteristics at the related bands are presented. Also, the proposed SRR-based absorber design is compared with the previously reported dual or multi bands absorbers in terms of dimensions, resonance frequencies and number of bands.

Keywords: Dual Band Absorber, Split Ring Resonator, WiMAX/WLAN Absorber, Small Size.

WiMAX ve WLAN Bantları için Ayrık Halka Rezonatör Tabanlı Çift Bant Frekanslı Soğurucu

Öz

Bu çalışmada, WiMAX ve WLAN bantları için ayrık halkalı rezonatör tabanlı bir çift bantlı kompakt soğurucu tasarımı sunulmaktadır. Önerilen tasarımdaki bir birim hücre yapısının üst katmanı, $\pi \times 13.422$ mm²'lik bir alanı kaplayan ve 1.5 mm kalınlığa, 4.3 dielektrik sabiti ve 0.025 kayıp tanjanta sahip bir FR4 taban malzemesi üzerine yerleştirilmiş üç adet eş merkezli dairesel ayrık halka (SR) elemanından oluşur. Ek olarak, SR elemanların arasına altı adet minyatür metalik yükler uygun şekilde yerleştirilmiştir. Giriş kapısı 1'den giriş kapısı 2'ye iletimi engellemek için, taban malzemesinin arka yüzeyi tamamen bakırdan oluşan toprak düzlem ile kaplanmıştır. Tasarımda, SR elemanları önerilen soğurucunun temel rezonatörüdür ve ilgili frekanslarda ikili bir soğurma bandı sağlar. Metalik yükler, soğurma tepe noktalarının meydana geldiği yerlerde ince frekans ayarı yapmak için kullanılır. Böylelikle herhangi bir tasarım parametresi değiştirilmeden yüklerin halkalar arasında kaydırılmasıyla tasarımın soğurma frekansı kolaylıkla

* Corresponding Author: alparslancinar@akdeniz.edu.tr

ayarlanabilir. Önerilen kompakt soğurucu, gelen elektromanyetik dalgayla uyarılarak sırasıyla 3.52 GHz WiMAX ve 5.16 GHz WLAN bantlarında 0.92 ve 0.97 seviyelere sahip soğurma tepeleri sağlamaktadır. Soğurucu tasarım ve analizleri, CST Microwave Studio (MWS) yazılım programı yardımıyla frequency domain çözümleyicisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, özgün konfigürasyonlu soğurucu tasarımı ayrıntılı bir şekilde tanıtılmış ve ilgili bantlara karşılık gelen elektrik alan dağılımları ve soğurma özellikleri sunulmuştur. Bununla birlikte önerilen SRR tabanlı soğurucu tasarımı, boyutları, rezonans frekansları ve bant sayıları açısından daha önce bildirilen çift veya çok bantlı soğurucularla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dual Bant Soğurucu, Ayrık Halkalı Rezonatör, WiMAX/WLAN Soğurucu, Küçük Boyut.

1. Introduction

Metamaterial electromagnetic wave absorbers have become a popular research topic for more than decades (Landy et al., 2008). The metamaterial-based absorber designed is usually formatted in the style of patch at the top on lossy dielectric layer and the ground at the bottom of lossy dielectric layer. These absorber structures can offer advantages such as flexibility, low profile, easy fabrication and compactness. Because of these features, the absorbers have a wide research area such as emitters (Liu et al., 2011) sensors (Jain et al., 2021), energy harvesting (Bakir et al., 2016), amplitude modulation [5], switching (Ekmekci & Demir, 2015), EMI/EMC (Mishra et al., 2018; Genikala & Ghosh, 2020) and WiMAX/WLAN application (Sen et al., 2016; Sen & Ghosh, 2019). The metamaterial structures whose advantages have been described above have the disadvantage of having a narrow absorbent bandwidth. Thus, dual/multi band absorbers have been designed using specially shaped concentric loops in order to defeat this disadvantage (Tak & Choi, 2016; Wang, 2016). For the same purpose, an absorber design with four different scale flower shaped resonators has been reported to obtain four absorption bands in Reference (Zheng et al., 2013). Additionally, a dual band response has been observed by using a unit cell with four numbers of two scales of Jerusalem resonators in Reference (Zhai et al., 2013). Similarly, a tri-band absorber has been presented by using a unit cell with six numbers of three scales of pentagon resonators in (Guo et al., 2013). In another study, a tri-band absorber consisting of three concentric rings has been proposed in (Deng et al., 2018). However, the unit cell sizes of the dual/multi-band absorber designs proposed in (Tak & Choi, 2016; Wang, 2016; Zheng et al., 2013; Zhai et al., 2013; Guo et al., 2013; Deng et al., 2018) are relatively large due to their multiple resonator structures.

In order to overcome the narrow bandwidth limit, a miniaturized dual band absorber is designed in this study. The primary resonator of the absorber consists of two concentric SR elements and six miniature metallic loadings placed between the rings. As known, split ring resonators (SRR) are inherently smaller in size than conventional resonator structures, and they exhibit dual band performance with satisfactory radiation characteristics as reported in (Wang, 2016; Basaran & Erdemli, 2008; Cinar & Basaran, 2018).

In the proposed design, while SR elements provides dual band absorption, the metallic loadings enable fine frequency tuning of the bands where the absorption peaks occur. The proposed absorber can cover both WiMAX (3.5 GHz) and WLAN (5.2 GHz) bands simultaneously and it has a smaller structure as compared to the absorber designs having dual-band and multiband operation presented in References (Zheng et al., 2013; Zhai et al., 2013; Guo et al., 2013; Deng et al., 2018).

The proposed absorber design can be used in potential applications such as EMI/EMC, wireless communication and WiMAX/WLAN band operations. For example, due to the small size of the SRR, it can be useful in the design of some EMI / EMCs. In addition, it can eliminate the harmful effects on the human body by protecting the electromagnetic wave radiation originating from WiMAX / WLAN.

2. SRR Based Dual-Band Frequency Absorber Design

Schematic view of the proposed split ring absorber with design parameters is depicted in Figure 1. Main resonator patch of the absorber in the top plate consists of three concentric circular split ring elements. The outer-most ring with two splits is rather wider than the inner rings with one split each. As seen, six miniature metallic loadings ($s_1 - s_6$) appropriately located between the rings have a size $1.0 \times 1.2 \text{ mm}^2$. A full ground plane is placed in bottom plate to shield transmission from port 1 to port 2. The top resonator plate and ground plane made of copper having a thickness of 0.035 mm and a conductivity of $5.8 \times 10^7 \text{ S/m}$. In addition, FR4 with thickness of 1.5 mm, relative permittivity ϵ_r of 4.3 and loss tangent (δ) of 0.025 is used for dielectric substrate layers of the absorber. The design and analysis of the SR based absorber are carried out using CST Microwave Studio based on frequency domain solver and optimized final dimensions are given in Table 1. As seen in Figure 2, the absorber is excited by incident electromagnetic wave where electric field vector E , magnetic field vector H and propagation vector k are along y , x and $-z$ directions, respectively. Also, boundary conditions are selected unit cell, unit cell and open (add space) for x , y and z axes, respectively.

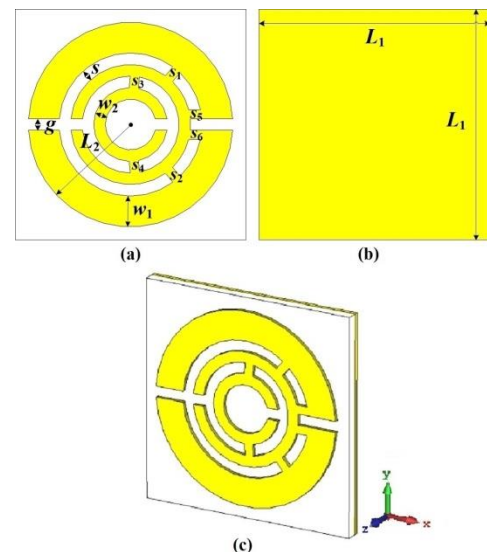


Figure 1. (a) Front, (b) back and (c) perspective schematic view of the proposed split ring absorber with design parameters of a figure caption

Table 1. Optimal Design Parameters and Values of the Proposed Dual-Band Frequency Absorber with SRR

Parameters	Values (mm)
L_1	30
L_2	13.4
w_1	5
w_2	1.2
s	1
g	1

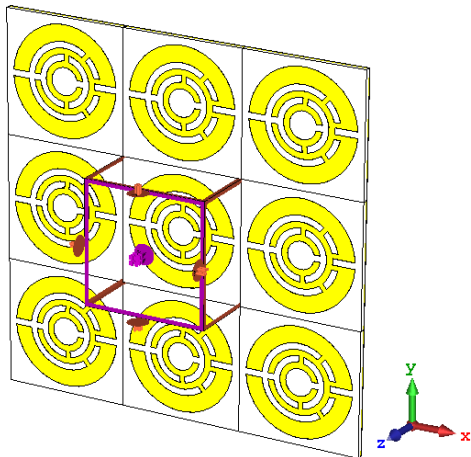


Figure 2. Schematic view of simulation setup.

3. Results

Absorption plot obtained from simulation is given in Figure 3. The absorption calculation is as follows:

$$A(\omega) = 1 - R(\omega) - T(\omega) \quad (1)$$

where $A(\omega)$, $R(\omega)$ and $T(\omega)$ are named absorption, reflectance $|S_{11}|$ and transmittance $|S_{21}|$, respectively (Landy et al., 2008). As shown in Figure 3, a dual-band operation is achieved at 3.52 GHz and 5.16 GHz with 0.92 and 0.97 absorption peak, respectively. Bottom side of the absorber structure is covered by using metallic ground plane. In this way, there is no transmission from port 1 to port 2. As a result, the transmission magnitude is nearly zero and this event is observed in Figure 3.

To investigate the dual-band absorption behavior of the proposed design, z -component of electric field distributions for both frequencies have been numerically computed. The simulated electric field distributions on both resonator and ground plane of each design at the frequencies where the absorption peaks occur are illustrate in Figure 4 for the 259° phase angle. As shown in Figure 4a, it seems that split region of the middle ring of the resonator has more effect on resonance at 3.52 GHz. Also, the electric field distributions at the ground plane in the opposite polarity to the field at the resonator demonstrate coupling between patch and ground. This couple causes to form magnetic dipole resonance. According to Figure 4b, it is seen that the split parts of the outer ring of the resonator are effective on the resonance at 5.16 GHz. When electric field distribution of ground plane was examined at 5.16 GHz, there is an electric field distribution similar to the behavior at 3.52 GHz in the opposite direction with respect to the resonator.

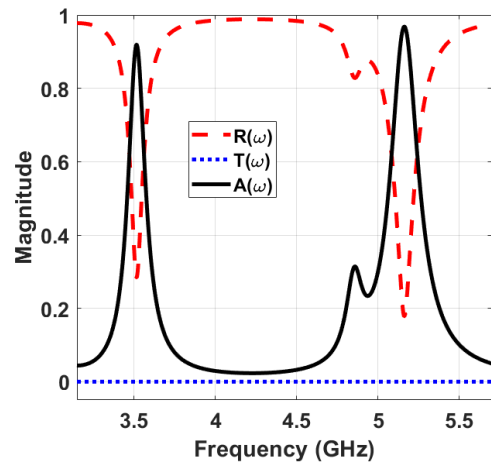


Figure 3. Simulation results for dual-band frequency absorber with split-ring resonator.

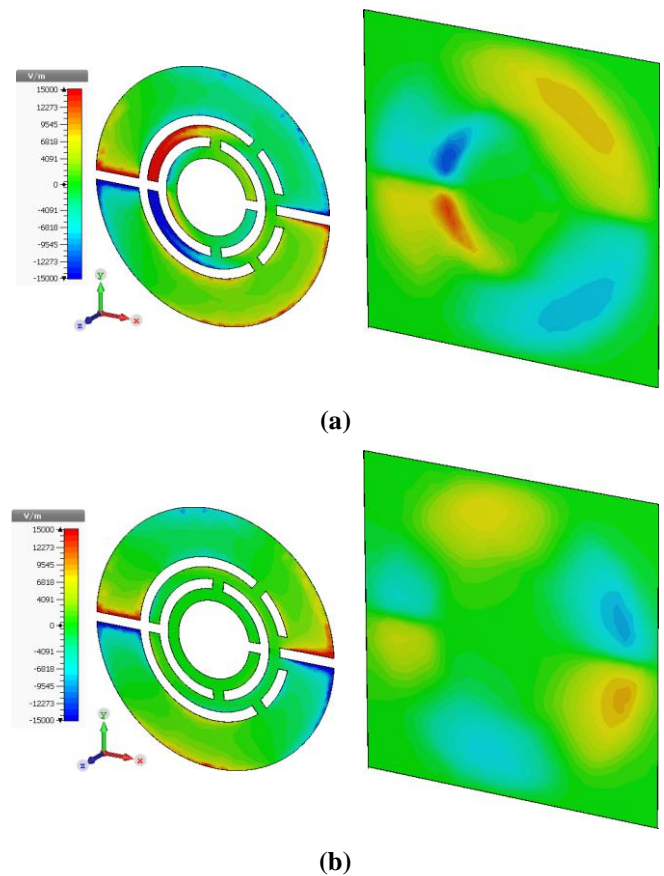


Figure 4. z -component of electric field distributions on SRR and ground planes at 259° phase angle for (a) at 3.52 GHz, (b) at 5.16 GHz.

To evaluate the contributions of the study, the proposed SRR-based absorber design is compared with the previously reported dual or multi bands absorbers in terms of dimensions, resonance frequencies and number of bands as given in Table 2. It can be clearly seen that, considering the lowest resonance frequency, the electrical size of the proposed design is fairly smaller than the others.

Table 2. Sizes Comparisons with Reported Works in Literature.

References	Frequencies (GHz)	Number of Band	Dimensions of Unit Cell (λ_0)
<i>This Work</i>	3.52, 5.16	2	0.352 x 0.352
Zheng et al.,	6.69, 7.48, 8.67, 9.91	4	0.446 x 0.446
Zhai et al.,	5.95, 12.25	2	0.365 x 0.365
Guo et al.,	6.30, 9.75, 12.35	3	0.420 x 0.420
Deng et al.,	101.25, 108.75, 129	3	0.493 x 0.493

4. Conclusions

In this paper, SRR-based dual-band absorber design for WiMAX and WLAN bands has been introduced. In the design, SR resonator of the absorber has miniature size allowing dual band absorption operation. Also, the metallic loadings placed between the rings enable fine absorption frequency tuning. The numerical results show that the proposed design performs dual-band operation at the designated 3.52 and 5.16 frequencies with 0.92 and 0.97 absorption peaks. Thanks to these attractive features, the proposed absorber can be a good candidate for various applications such as EMI/EMC, wireless communication and WiMAX/WLAN operations.

References

- Al-Badri K. S., Cinar A., Kose U., Ertan O., & Ekmekci E. (2016). Monochromatic tuning of absorption strength based on angle-dependent closed-ring resonator-type metamaterial absorber. *IEEE Antenn Wirel Pr*, 16, 1060 – 1063.
- Bakir M., Karaaslan M., Dincer F., Akgol O., & Sabah C. (2016). Electromagnetic energy harvesting and density sensor application based on perfect metamaterial absorber. *Int J Mod Phys B*, 30(20), 1650133.
- Basaran S. C., & Erdemli Y. E. (2008). Dual-band split-ring antenna design for WLAN applications. *Turk J Elec Eng Comp Sci*, 16(1), 79 – 86.
- Cinar A., & S. C. Basaran. (2018, October). A Compact Dual-Band Textile Antenna Design For Wearable Applications. 3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2018) (pp. 937-9399).
- Deng G., Xia T., Yang J., & Yin Z. (2018). Triple-band polarisation-independent metamaterial absorber at mm wave frequency band. *IET Microw Antennas Propag*, 12(7), 1120-1125.
- Ekmekci E., & Demir E. (2015). On/off switching of absorption spectra by layer shifting for double-layer metamaterial-based absorber. *IEEE Antenn Wirel Pr*, 15, 532 – 535.
- Genikala S., & Ghosh A. (2020, October). Design of Polarization-Insensitive Dual band Microwave Absorber for EMI/EMC Applications. In 2020 IEEE 5th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA) (pp. 433-436).
- Guo X. R., Zhang Z., Wang J. H., & Zhang J. J. (2013). The design of a triple-band wide-angle metamaterial absorber based on regular pentagon close-ring. *J Electromagn Waves Appl*, 27(5), 629-637.
- Jain P., Singh A. K., Pandey J. K., Bansal S., Sardana N., Kumar S., Gupta N., & Singh A. K. (2021). An Ultrathin Compact Polarization-Sensitive Triple-band Microwave Metamaterial Absorber. *J Electron Mater*, 50(3), 1506-1513.
- Landy N. I., Sajuyigbe S., Mock J. J., Smith D. R., & Padilla W. J. (2008). Perfect metamaterial absorber. *Phys Rev Lett*, 100(20), 207402-1 – 207402-4.
- Liu X., Tyler T., Starr T., Starr A. F., Jokerst N. M., & Padilla W. J. (2011). Taming the blackbody with infrared metamaterials as selective thermal emitters. *Phys Rev Lett*, 107(4), 045901.
- Mishra N., Khusboo K., & Raghvendra K. C. (2018). An ultra-thin polarization independent quad-band microwave absorber-based on compact metamaterial structures for EMI/EMC applications. *Int J Microw Wirel Technol*, 10(4), 422 – 429.
- Sen G., Banerjee A., Kumar M., Islam S. N., & Das S. (2016, December). A dual band metamaterial inspired absorber for WLAN/Wi-MAX applications using a novel I-shaped unit cell structure. In 2016 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC) (pp. 1-3).
- Sen G., & Ghosh A. (2019, December). Dual Band Metamaterial Absorber Using Concentric Split-Ring Structures for Wireless Applications. In 2019 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS) (pp. 1-4).
- Tak J., & Choi J. (2016). A wearable metamaterial microwave absorber. *IEEE Antenn Wirel Pr*, 16, 784 – 787.
- Wang B. X. (2016). Quad-band terahertz metamaterial absorber based on the combining of the dipole and quadrupole resonances of two SRRs. *IEEE J Sel Top Quant*, 23(4), 1-7.
- Zhai H., Li Z., Li L., & Liang C. (2013). A dual-band wide-angle polarization-insensitive ultrathin gigahertz metamaterial absorber. *Microw Opt Technol Lett*, 55(7), 1606-1609.
- Zheng D., Cheng Y., Cheng D., Nie Y., & Gong R. Z. (2013). Four-band polarization-insensitive metamaterial absorber based on flower-shaped structures. *Prog In Electromagn Res*, 142, 221-229.



Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ölçeğinde Değerlendirilmesi

Cem Emeksiz^{1*}, Muhammed Musa Fındık²

^{1*} Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4817-9607), cem.emeksiz@gop.edu.tr

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3786-6089), fmuhammedmusa@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948729)

ATIF/REFERENCE: Emeksiz, C. & Fındık, M.M., (2021). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ölçeğinde Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 155-164.

Öz

Dünya üzerinde enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artarak büyümektedir. Gelişmekte olan ülkelerde nüfus giderek artmakta, toplumların yaşam standartları gün geçtikçe yükselmekte ve sanayileşme faaliyetleri yaygınlaşmaktadır. Teknolojik anlamda ilerleme ile paralel olarak enerjiye duyulan ihtiyacın artması ve önümüzdeki yıllarda daha da artacak olması kaçınılmaz bir gerçektir. Fosil yakıtlar olarak adlandırılan doğal enerji kaynakları geçmişten günümüze yaygın olarak enerjiye duyulan ihtiyacın karşılanması adına yıllardır kullanılmaktadır. Bu fosil yakıtların dünya üzerinde önemli derecede çevresel problemlere neden olması ve yakın tarihte rezervlerinin bitecek olması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Enerji temini ve tedarikinin sağlanmasında fosil yakıtlara bağlı kaynakların kullanımı için en önemli alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Türkiye, yenilenebilir enerjiye olan ilginin arttığı bu dönemde gerek özel sektör gerekse devlet kanallı teşvikler ile önemli yatırımlar yapmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından da oldukça zengin bir altyapıya ve hammaddeye sahiptir. Bu çalışmada Türkiye'nin mevcut enerji potansiyeli incelenerek, yenilenebilir enerji alanındaki son gelişmeler, yatırımları ve son durumu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, Fosil yakıtlar, Enerji politikası, Türkiye.

Evaluation of Renewable Energy Resources for Sustainable Development in Turkey

Abstract

The need for energy resources on earth is growing day by day. In developing countries, the population and the living standards of societies are increasing day by day, and industrialization activities are becoming widespread. It is an inevitable fact that the need for energy will increase in parallel with technological progress and will increase even more in the coming years. Natural energy sources, called fossil fuels, have been widely used for years to meet the need for energy from the past to the present. The fact that these fossil fuels cause significant environmental problems around the world and have run out of reserves in recent history poses a significant problem. Renewable energy sources are the most important alternative for the use of fossil fuel-dependent resources in the supply and providement of energy. During this period, when interest in renewable energy is growing, Turkey makes significant investments with incentives through both the private sector and the state channel. It has a very rich infrastructure and raw materials in terms of similar renewable energy sources. In this study, Turkey's current energy potential was examined and recent developments, investments and recent status in the field of renewable energy were evaluated.

Keywords: Renewable energy sources, Fossil fuels, Energy policy, Turkey.

* Sorumlu Yazar: cem.emeksiz@gop.edu.tr

1. Giriş

Sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik bakımından enerji kaynakları yaşamımızda oldukça önemli bir yere sahiptir. Endüstri Devriminin beraberinde getirdikleri bireylerin enerji kaynaklarına olan ilgisini ve talebini arttırmıştır. Bu artış günümüzde ve gelecekte hızla büyüyerek devam etmektedir (Yılmaz, 2012).

Uluslararası Enerji Ajansı'nın yapmış olduğu araştırmalara bakıldığında dünya birincil enerji talebi 14 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) olarak hesaplanmıştır. Bu durumdaki enerji tüketim hızı ve aynı zamanda mevcut politikalar devam edecek olursa önümüzdeki 20 yıl gibi bir süreçte %45'lik bir artış ile 20,3 Milyar TEP seviyesine ulaşabilecektir. Çin en fazla enerji tüketen ülkeler arasında birinci sırada yerini almaktadır. Türkiye 129,3 milyon ton eşdeğer petrol birincil enerji tüketimi ile 2015 yılında listede 19.sırada yer almaktadır (Türkiye Doğalgaz Dağıtıcıları Birliği, 2016). 2020 yılı itibariyle Türkiye en fazla enerji tüketen ülkeler arasında 17. sırada yer alarak iki basamak yükselmiştir (Worldometer, 2020).

İçerisinde bulunduğumuz asırda, evrenimizin karşı karşıya kaldığı önemli problemlerin başında enerjinin güvenli ve sürdürülebilir tedariki gelmektedir. Refah seviyelerine bakıldığında özellikle gelişmiş denebilecek seviyedeki dünya ülkelerinde enerji üretimi ve kullanımını devam ettirilebilir bir yapıya sahip değildir. Bu durumun sebepleri arasında, enerji ihtiyacının dünya genelinde %80-90 gibi büyük bir yüzde ile fosil temelli yakıtlar aracılığıyla elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Endüstrinin getirdiği sanayileşme ve nüfusun artmasından kaynaklanan enerjiye olan ihtiyacı evrenimizin mevcut sınırlı kaynaklarıyla giderilememekte, mevcut enerji üretiminin ihtiyaç duyulan tüketimi karşılayamadığı görülmektedir. Bir diğer yandan, doğal enerji kaynakları (fosil yakıtlar) enerji üretimi bakımından çevre kirliliğine yol açmakta ve günümüzün önemli sorunlarından olan iklim değişikliğinin nedenleri arasında yer almaktadır. Aynı zamanda, fosil yakıtlarının miadının dolacağı ve tükeneceği bir gerçektir. Çeşitli endüstriyel çalışmalar neticesinde her yıl gezegenimizin atmosferine yaklaşık olarak 2 milyon ton kurşun, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 20 milyar ton karbondioksit ayrıca farklı zararlı kimyasal bileşiklerin salınımı gerçekleşmektedir (Kadioğlu ve Tellioğlu, 1996).

Türkiye jeotermal, rüzgar, biyokütle, güneş, deniz-okyanus, hidrolik enerji gibi yenilenebilir kaynaklar bakımından oldukça zengin bir altyapıya sahip olmasına rağmen, mevcut potansiyelini yeterince kullanamamaktadır. Resmi kuruluşlara göre fosil yakıtta duyulan ihtiyacı daha da çoğaltacak ve dışa bağımlılığı artıracak enerji ithaline neden olacak ihale planları mevcuttur (Kumbur ve ark., 2005).

Enerji tedarikinde ve temininde fosil temelli kaynak kullanımı için en büyük alternatif yol yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına ilginin artarak büyümesini sağlamaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının doğaya zarar vermemesinin yanı sıra rağbet görmesini sağlayan önemli etkenler sırasıyla; ülke olarak dışa bağımlılığın asgari seviyelere indirilmesi, yenilenebilir enerji tesislerinin kurulum maliyeti ve üretilen enerjinin getirdiği gelir ile kıyaslandığında çok ucuz enerji sağlamaları ve yüksek miktarlarda yakıt giderlerinin olmamasıdır. Bu çeşitli artıları nedeniyle her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve talep ciddi olarak

artmaktadır (Atçı, 2012). Enerji ve çevre faktörünü bir arada değerlendirerek enerji politikalarının belirlenmesi gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerin birçoğu doğa dostu olan yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmaya son derece önem vermektedir. Gelecek yıllar bu bakımından, temiz ve tükenmez enerji kaynaklarının yaygınlaşmasında önemli gelişmeler yaşanacağı bir gelecek olma görüntüsü vermektedir. Değerlendirmeler sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgar, biyokütle ve hidroelektrik enerjisi bakımından Türkiye'nin büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Türkiye, kurulu güç açısından yenilenebilir enerjide Dünya'da 12. ve Avrupa'da 5. sıraya yükselerek yerleşmiştir. 2021 başı itibariyle Türkiye'de kurulu gücün %52'si yenilenebilir kaynaklardan meydana gelmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, 2021). Türkiye'de bu gibi yenilenebilir enerji kaynakları hem devlet hem de özel sektör tarafından büyük bir yatırım almaktadır. Burada esas olan, Türkiye'de mevcut yenilenebilir enerji kaynakları, potansiyelleri, politik açıdan bu alana yapılan yatırımlar ve Türkiye açısından bu kaynakların ne kadar önemli olduğu noktasında mevcut farkındalığı daha üst seviyelere çıkarmaktır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları incelenerek Türkiye'deki potansiyelleri ve yatırım durumları hakkında bilgiler içeren bir araştırma gerçekleştirildi.

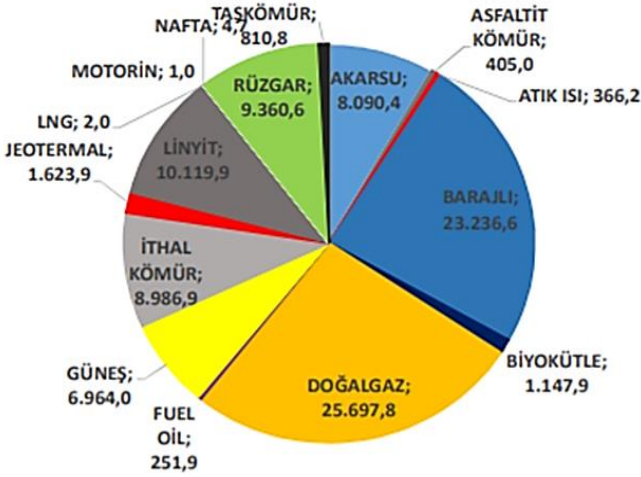
2. Enerji Kaynakları

Günümüzde büyük öneme sahip olan enerjiyi kısaca tanımlayacak olursak; iş yaptırabilen güç olarak ifade etmemiz mümkündür. Enerjinin üretimi için kullanılan kaynaklar enerji kaynakları olarak isimlendirilir. Enerji kaynakları, doğal enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Enerji kaynaklarından elektrik enerjisinin üretimi ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi adına son derece önemlidir. Türkiye'de enerji kaynaklarından faydalanarak elektrik enerjisi üreten ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'deki elektrik tesislerine kurulu güç olarak bakıldığında Mart 2021 verilerine göre toplam kapasitenin 97069,7 MW'lık olduğu görülmektedir (Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2021). Tablo 1 incelendiğinde Türkiye'deki birincil kaynaklara göre santral sayısı ve kurulu güçleri detaylı olarak görülmektedir. Santral adeti bakımından güneş enerjisinden yararlanılan santral sayısı ilk sırada yer almaktadır. Kurulu güç açısından incelendiğinde ise doğalgaz ile çalışan santraller başı çekmektedir. Ayrıca Türkiye'deki birincil kaynaklara göre kurulu gücü temsil eden dağılım grafiği Şekil 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Kaynaklara göre santral sayısı ve kurulu güçleri

BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL SAYISI	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	579	8090,4
ASFALTİT		
KÖMÜR	1	405
ATIK ISI	85	366,2
BARAJLI	133	23236,6
BIYOKÜTLE	275	1147,9
DOĞALGAZ	342	25697,8
FUEL OİL	9	251,9
GÜNEŞ	7779	6964

İTHAL KÖMÜR	15	8986,9
JEOTERMAL	60	1623,9
LİNYİT	47	10119,9
LNG	1	2
MOTORİN	1	1
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	333	9360,6
TAŞKÖMÜR	4	810,8
TOPLAM	9665	97069,7



Şekil 1. Kaynaklara göre kurulu güç

2.1. Doğal Enerji Kaynakları

Türkiye doğal enerji kaynakları açısından değerlendirildiğinde kömür, doğalgaz ve petrol gibi enerji kaynaklarından faydalanmaktadır. Bu kaynakların arasına yakında nükleer enerjinin girmeside planlanmaktadır.

Kömür; Dünyada üzerindeki farklı fosil yakıtlara oranla bakıldığında fazla bulunması, türetilebilmesi, güç üretimindeki ekonomik faydası sebebi ile tüketimi ve kullanımı fazlaca tercih edilen fosil yakıtlarındandır. Düşük kalitede olmasına karşın Türkiye’de mevcut çıkan linyitler, ülkenin en umut verici kaynaklarındandır ve ayrıca devlet tarafından bu kaynağın üretimi destek görmektedir (Atılğan, 2000). Türkiye’de Elektrik Üretim Anonim Şirketi ve Türkiye Kömür İşletmeleri sahalarında 1658 milyar ton, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü sahalarında ise 8982 milyar ton mevcut olarak, Türkiye’nin linyit rezervleri toplamda 10,82 milyar ton artırılarak ve özel sektör rezervleri ile beraber 19,32 milyar tona ulaşmıştır. Türkiye toplam dünya kömür rezervinin yaklaşık olarak % 2,1’ ini barındırmaktadır. Kömür rezervleri arasında linyit ise ciddi bir konuma sahiptir. Bunun yanı sıra 2500 kcal/kg ısı değerinin daha alt seviyelerinde olan %79 oranındaki linyitlerin genellikle termik santrallerde kullanımını ön plana çıkartmıştır. Geçtiğimiz senelerde yaklaşık 70.000.000 ton civarında gerçekleştirilen üretimin % 85’i termik santrallerde kullanılmaktadır. Türkiye’de linyit kömür ile çalışan termik santrallerin kurulu gücü 8515 MW olmakla birlikte toplam kurulu gücün % 23,6’una karşılık gelmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2020).

Fosil yakıtlar arasında en temiz olarak bilinen doğalgaz, doğada mevcut haliyle elektrik enerjisi üretiminde hammadde

kaynağı olarak sanayi tesislerinde kullanılmaktadır. Doğal gaz bakımından Türkiye kısıtlı rezervlere sahiptir. Tespit edilebilmiş olan rezervin Türkiye’deki miktarı 17,5 milyar m³ doğal gazdır (Kumbur ve ark., 2005).

Enerjide önemli bir yere sahip olan petrol, Dünya’daki toplam enerji tüketiminin % 45’lik bir payına sahiptir. Türkiye’de %44’lük bir enerji tüketimine sahip olan petrol mevcut kaynaklar arasında önemli bir konuma sahiptir (Kumbur ve ark., 2005). 340.863 metre sondaj çalışması sonucunda 2019 yılında Türkiye’de 153 petrol kuyusu hizmete alınmıştır. 2.984.800 ton ham petrol olarak üretimi gerçekleşmiş olup kalan 51.076.078 ton üretilebilir petrol rezervi mevcuttur (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Atomun parçalanması ile elde edilen ve hızla rezervleri bitmekte olan petrole karşı farklı bir seçenek olarak gösterilen nükleer enerji günümüzde üzerinde çalışmalar yapılan önemli bir enerji türüdür (Kadioğlu ve Telliöglü, 1996). Türkiye’de de nükleer santral kurulması çalışmaları Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali ile devam etmektedir. Çalışmalar tamamlandığında Türkiye Cumhuriyeti Devleti ilk nükleer enerji santraline sahip olacaktır.

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Ülkeler yenilenebilir enerji kaynakları bakımından değerlendirilecek olursa biyokütle, güneş, rüzgar, jeotermal, deniz-okyanus ve hidrolik enerji gibi kaynaklardan faydalanmaktadır.

Samanyolu Galaksi’sinde Güneş, son derece önemli bir yere sahiptir. Dünya için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olup aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları arasında kendi içinde önemli derecede enerji potansiyeli barındıran bir enerji kaynağıdır. Genel bir bakış açısıyla gözlemlendiğinde enerji kaynakları arasında güneş birincil enerji kaynağıdır (Acaroğlu, 2003). Güneş enerjisi, güneşin merkezinde yer bulan füzyon (helyuma dönüşen hidrojen gazının) tepkimesi ile beraberinde ışıma enerjisi ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisinin şiddeti Dünya’nın atmosferinin dışarı kısmında, yaklaşık olarak 1370 W/m² seviyesindedir, fakat yerküreye ulaşabilen miktar 0-1100 W/m² şiddeti değeri arasındadır ve bu denli güneş enerjisinin şiddetinin azalmasının nedeni atmosferde güneş fotonlarının absorbe edilmesinden kaynaklanmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Rüzgar Enerjisi; ana kaynağı güneş olan bir enerji çeşididir. Yakın konumdaki bölgelerin birbirine olan sınırı ile aralarında basınç farkları oluşan ve bu potansiyel farktan dolayı meydana gelen hava akımı olayına rüzgar denir (Gökkuş, 2014). Rüzgar, hava akımının daha yüksek basınç merkezinden daha alçak basınç merkezine doğru hareketini gerçekleştirmesi olayıdır (Yapar, 2014). Rüzgar yön ve hız olarak iki farklı değişken ile tanımlanmaktadır. Rüzgarın teorik gücü, hızının küpü ile orantılı olarak değişmektedir ve aynı zamanda artan yükseklikle rüzgar hızı artmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Elektrik üretiminin rüzgar enerjisi kaynağından yararlanılarak gerçekleştirilmesinde karşılaşılan problemlerin başında üretim tesislerinde yatırımının bütçe ekonomisi açısından fazla olması, yeterince yüksek olmayan kapasite etkenlerinin ve değişkenlik gösteren enerji üretimi gelmektedir. Bunun yanı sıra temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, doğa dostudur, işletme ve bakım masraflarının düşük olması, işletmeye alınması kısa sürelerde gerçekleşiyor olması gibi birden fazla artısı vardır.

Yeryüzünün farklı derinliklerinde geçmişten günümüze biriken ısının ve basıncın oluşturduğu sıcaklıkları atmosferik ısının üstünde olan gaz, buhar ve sıcak su olarak ifade edilen jeotermal enerji, kapsamlı olarak incelendiğinde doğaya verebileceği zarar açısından temiz bir enerji kaynağı olarak kabul görmektedir (Kumbur ve ark., 2005). Doğal kaynaklar kullanılmaktadır ve bu nedenle dışa olan bağımlılığı çok azdır. Jeotermal sahalarda açılmış olan kuyulardan elde edilen akışkan seperatörlerde su ve buhar olarak ayrıştırma işleminin ardından türbin ve jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisi üretilir (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Organik bir karbon olarak kabul gören biyokütle 100 yıllık bir süreçten daha kısa zamanda kendini yenileyebilen, suda ve karada yetişen bitkiler, hayvan artıkları, orman ürünleri ve besin endüstrisi ile çeşitli kentsel atıkları içerisinde barındıran tüm organik maddeler bütünü olarak ifade edilir (Kumbur ve ark., 2005).

Deniz-Okyanus enerjisi; sıcaklık gradyent enerjisi, tuzluluk gradyent enerjisi, gel-git (med-cezir) enerjisi, akıntı enerjisi, dalga enerjisi ve yüzey buharlaşma enerjisi olarak sıralanmaktadır (Kumbur ve ark., 2005). Deniz-Okyanus enerjisinin temelinde yine rüzgar enerjisi vardır. Günümüz ekonomik ve teknik özellikleri ele alındığında; gel-git ve dalga harici deniz enerjilerin türlerinden enerji elde edilmesi günümüz koşullarında mümkün değildir (Mert, 2012). Ekonomik ve teknik sebeplerden dolayı, deniz- okyanus enerjileri içerisinde genel olarak kendisine uygulama alanı bulan enerji türleri dalga ve gel-git enerjisidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında insanın ilk asırlardan bu zamana kadar en çok tercih edilen ve yaygın olarak kullandığı enerji kaynağı hidrolik enerjidir. Güneş kaynaklı bir enerji türü olan hidrolik enerji suyun çevrimi enerjisinden meydana gelmektedir. Yerküre de bulunan deniz, nehir ya da göl gibi su kütleleri, güneşin bu su kütlelerini ısıtması ile buharlaşmaktadır. Rüzgarın sürüklemesiyle su buharları harekete geçmekte ve atmosfer şartlarına göre yoğunlaşarak yağmur ya da kar benzeri yağışları meydana getirmektedir. Akarsuların beslenmesi adına bu yağışlar önemli katkı sağlamaktadır. Hareket etmekte olan su kütlesi hidrolik enerjiyi meydana getirmektedir. Bu sistemde su

kütlesinin taşımakta olduğu enerji devamlı olarak kendisini yineleyen bir enerji türüdür. Enerji kaynakları arasında hidrolik enerji elektrik üretiminde ön plandadır. Hidroelektrik enerji; su kütlesinin akım enerjisinden yararlanılarak kanal veya cebri boru vasıtasıyla yerden yüksekliği olan bir noktadan türbine iletilir ve mekanik enerjiye dönüştürülür. Tahrik edilen türbinlerin jeneratörleri döndürmesi ile elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmektedir (Tekno Tasarım, 2021). Düşük potansiyel risk taşımaları ve çevre dostu olmaları nedeniyle hidroelektrik enerji santrallerine yaygın olarak tesisleşme açısından yatırımlar yapılmaktadır. Hidroelektrik santraller; yenilenebilir, yakıt gideri olmayan, temiz, çevreye uyumlu, yüksek verimli, işletme gideri çok düşük uzun ömürlü ve devletler açısından başka ülkelere bağımlı olma durumunun söz konusu olmadığı bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Politikaları

Türkiye ölçeğinde yenilenebilir enerji kaynakları incelenecek olursa; güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve hidrolik enerji gibi kaynaklardan büyük oranda yararlanıldığı görülmektedir.

Güneş potansiyeli bakımından Türkiye sayılı ülkeler arasında yerini almaktadır. Şekil 2’de Türkiye’nin ortalama güneşlenme süresi görülmektedir. 1988-2017 yılları arasında yapılan çalışmalarda Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) istasyonlarında ölçülen günlük verilerden hesaplanan uzun yıllar ortalamaları ile güneşlenme süresi olarak kayıt altına alınan istatistikler ile elde edilmiştir. Uzun yıllardır MGM çatısı altında helyograf cihazı ile yapılmakta olan güneşlenme süresi ölçüm değerleri, 21. yüzyılın başından itibaren Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına (OMGİ) kurularak ayarlanan güneşlenme süresi ölçer cihazlar ile ölçümlere devam edilmektedir. 1988-2017 seneleri arasında toplam günlük güneşlenme süreleri dikkate alındığında, Türkiye için hesaplanan 6,37 saat ile en düşük yıllık ortalama güneşlenme süresi 1988 yılında, 7,30 saat ile en yüksek güneşlenme süresi ise 1990 yılında kayıtlara geçmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).



Şekil 2. Türkiye'nin ortalama güneşlenme süresi

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanmış olup, bu atlasla göre elde edilen yıllık ve günlük veriler Tablo 2’de görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde Türkiye

genelinde ortalama günlük güneşlenme süresi ve olarak, ortalama toplam ışınım şiddeti sırasıyla 7,5 saat/gün ve 4,18 kWh/m²-gün olarak hesaplanmıştır. Son yıllarda güneş enerjisinden farklı alanlarda ve biçimlerde faydalanılmasıyla beraber elektrik

enerjisi üretiminde genellikle tercih edilen iki teknoloji yöntemi mevcuttur. Bunlardan birincisi; güneş hücreleri de denilen ve yarı iletken malzemelerden meydana gelen, güneşten gelen ışınları elektrik enerjisine doğrudan dönüştüren panellerdir. İkincisi ise odaklanmış güneş enerjisi (csp) ve ısı güneş teknolojileridir. Güneş enerjisinden asıl olarak üretilen enerji ısı enerjisidir. Isıdan doğrudan faydalanılacağı gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Tablo 2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlasına göre elde edilen yıllık ve günlük veriler

Ortalama yıllık olarak toplam güneşlenme süresi	2741,07 saat/yıl
Ortalama günlük olarak toplam güneşlenme süresi	7,50 saat/gün
Ortalama yıllık olarak toplam ışınum şiddeti	1527,46 kWh/m ² -yıl
Ortalama günlük olarak toplam ışınum şiddeti	4,18 kWh/m ² -gün

Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli bölgelere göre dağılımı Tablo 3’de görülmektedir (Koç ve Şenel, 2013). Tablo 3 incelenecek olursa en fazla potansiyele sahip bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi, en az seviyede potansiyele sahip bölge ise Karadeniz Bölgesi olarak görülmektedir.

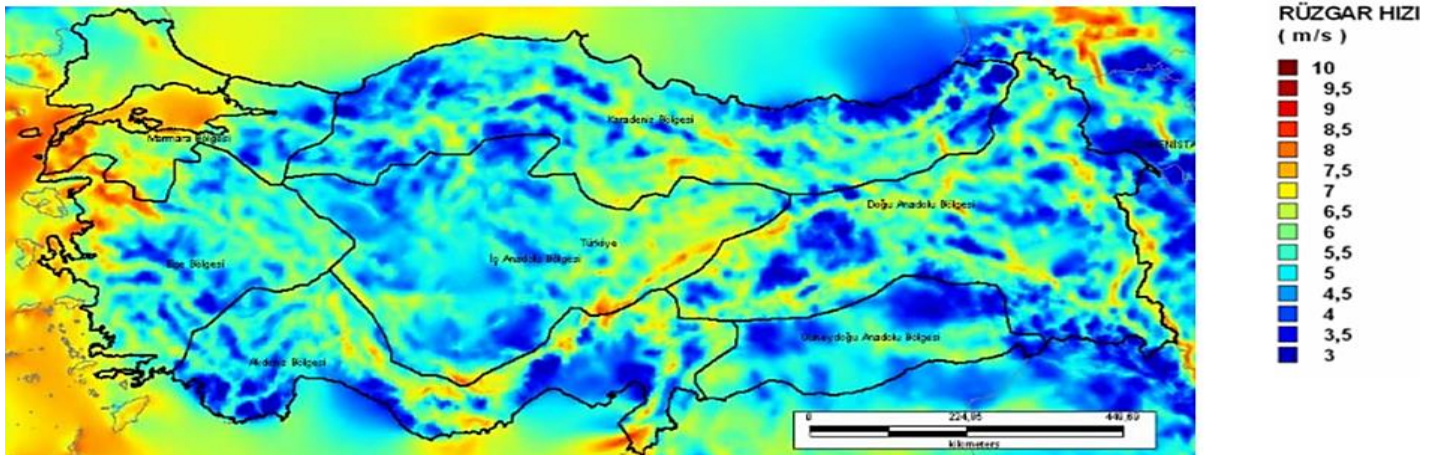
Türkiye Mart 2021 itibarıyla 7779 adet güneş enerjisi santrali ve 6964 MW kurulu güce ulaşmıştır (Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2021). Gelecekte yapılacak yatırımlar için güneş enerjisi santral sayısı ve kurulu gücün artırılmasına yönelik devlet tarafından çeşitli teşviklerin ve kanunların düzenlendiği bilinmektedir. 18/5/2005 tarihli 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile “Bu kaynakların elektrik enerjisi üretimi amacı ile kullanılmasının yaygınlaştırılması, bu gibi kaynakların ekonomik, kaliteli ve güvenilir olarak ekonomiye kazandırılması, kaynakların çeşitlendirilmesi, sera gazı emisyonlarının asgari

seviyelere indirilmesi, çeşitli atıkların kullanılması, doğanın korunması ve bu amaçların uygulanabilmesine ihtiyaç duyulan üretim sektörünün geliştirilmesi adına destek sağlamaktadır” (Resmi Gazete, 2005).

Tablo 3. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi kWh/m ² -yıl	Güneşlenme süresi (Saat/yıl)
Karadeniz	1120	1971
Marmara	1168	2409
Ege	1304	2738
İç Anadolu	1314	2628
Doğu Anadolu	1365	2664
Akdeniz	1390	2956
Güneydoğu Anadolu	1460	2993

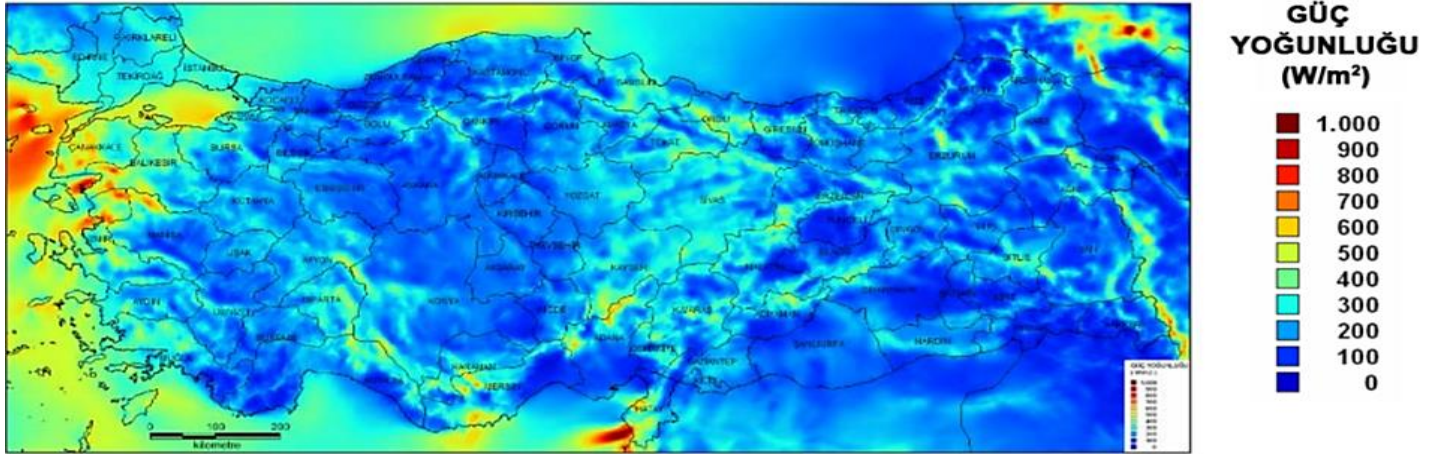
Rüzgar enerjisi kapasitesinde kurulu güç açısından Türkiye dünya genelinde ilk sıralarda yer almamasına karşın rüzgar enerjinin potansiyel bakımından çok daha ön sıralarda bulunmaktadır. Karşılaştırılma yapılacak olursa potansiyeli bakımından Türkiye, diğer Avrupa ülkelerine kıyaslandığında başı çeken ülkeler arasında kendisine yer bulmaktadır. Rüzgar enerjisi potansiyeli açısından Türkiye; yüksekliği 50 m’de 7,5 m/s’den daha yüksek hızdaki rüzgarın var olduğu bölgeler incelendiğinde elektrik enerjisi üretimi potansiyeli için kayıtlara geçen değer yaklaşık 48 bin MW olarak hesaplanmaktadır (Bektaş, 2013). 50 metre yükseklikte Türkiye bölgesinin geneline bakıldığında yıllık hesaplamalara göre ortalama rüzgar hızları dağılımı haritası Şekil 2’de görüldüğü gibidir (Çalışkan, 2019).



Şekil 3. Türkiye’de 50 metre yükseklikteki ortalama yıllık rüzgar hızları dağılımı

Türkiye genelinde 50 metre yükseklikte güç yoğunluğunun ortalaması dağılımı haritası Şekil 4’de görüldüğü gibidir

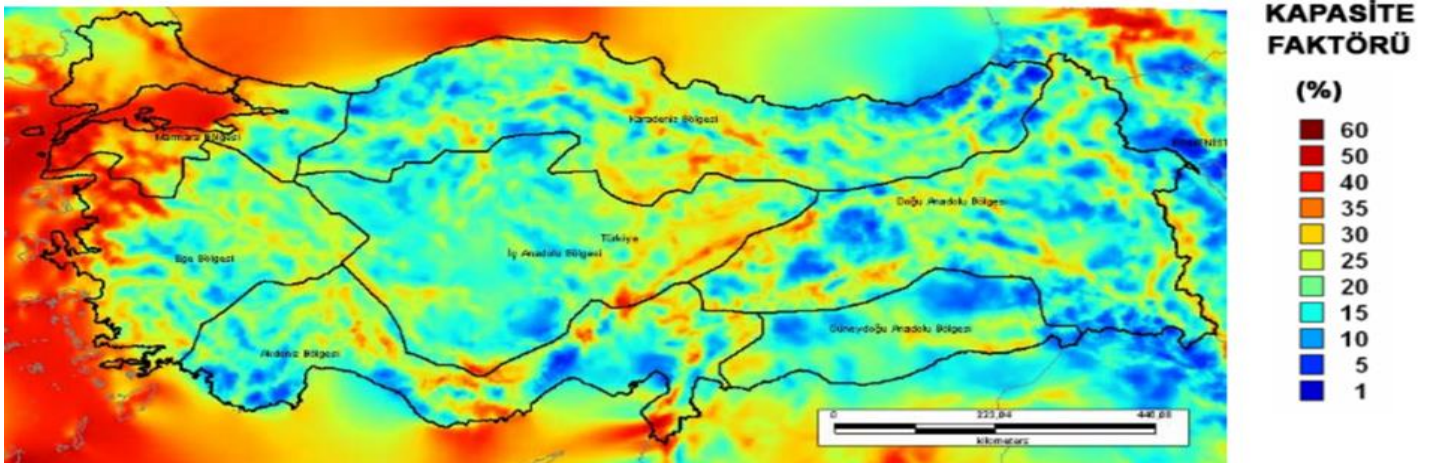
(Çalışkan, 2019). Özellikle Ege kıyılarında ortalama güç yoğunluğunun Şekil 4’e bakıldığında fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Türkiye için 50 metre yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı

50 metre yükseklikte Türkiye geneli kapasite faktörü dağılımının ortalama değeri Şekil 5'de görüldüğü gibidir (Çalışkan, 2019). Ölçülen değerlerde 1 MW gücündeki rüzgar türbinine ait teknik veriler referans olarak kabul edilmiştir. Mali açıdan rüzgar enerjisi santrali yatırımlarının ekonomik getirisinin

olabilmesi adına yaklaşık olarak %35 veya daha yüksek değerlerde kapasite faktörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında kıyı bölgeler kapasite faktörü açısından daha avantajlı konumda yer almaktadır.



Şekil 5. Türkiye için 50 metre yükseklikte ortalama kapasite faktörü dağılımı

Türkiye'nin rüzgar enerji potansiyeli ortalama rüzgar hızı 7.0 m/s'den büyük değerler için Tablo 4'de görüldüğü gibidir (Çalışkan, 2019). Tablo incelendiğinde en yüksek kapasitenin 7.0-7.5 m/s aralığında elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli (Ortalama rüzgar hızı > 7,0 m/s)

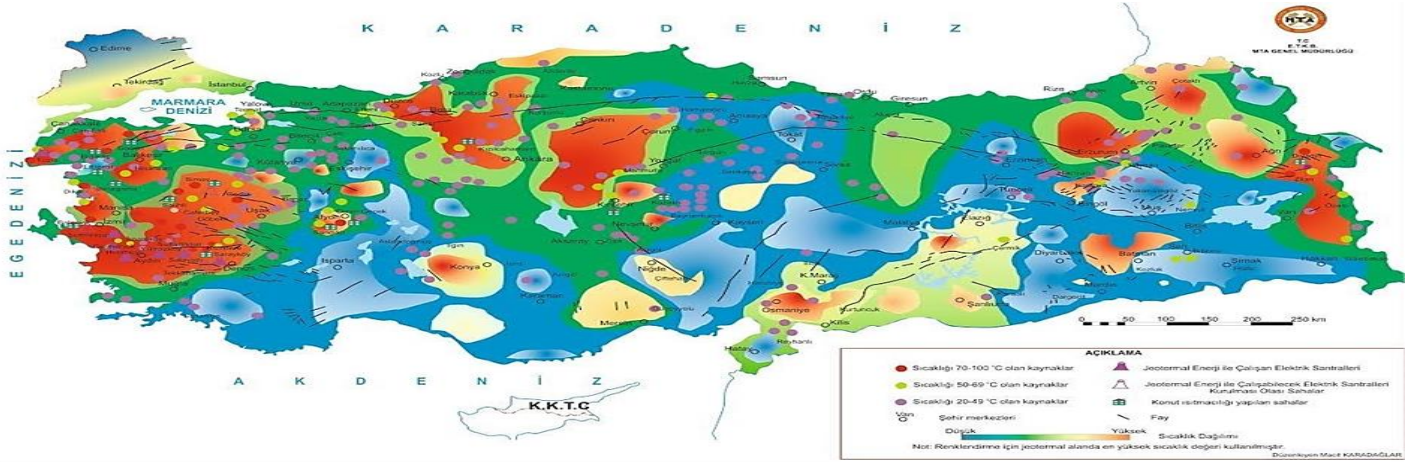
Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı - 50 m (m/s)	Güç Yoğunluğu – 50 m (W/m ²)	Kapasite (MW)
7.0 – 7.5	400 - 500	29.259,36
7.5 – 8.0	500 - 600	12.994,32
8.0 – 9.0	600 - 800	5399,92
> 9.0	> 800	195,84
	Toplam	47.849

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelinden en yüksek derecede faydalanabilmek ve rüzgar santrallerinin sayılarının artırarak elektrik iletim/dağıtım sistemlerine bütünleşmesini sağlayabilmek hedefiyle TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü önderliğinde ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü koordinatörlüğünde “Rüzgar Enerjisi İzleme ve Tahmin Merkezi Projesi” gerçekleştirilmektedir (Çalışkan, 2019). 20/10/2015 tarihli Rüzgar Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik ile “Elektrik enerjisi üretiminde rüzgar enerjisinin verimli ve etkin kullanılmasını sağlamak, rüzgar kaynağına bağlı olarak yapılan ön lisans veya lisanssız elektrik üretimi başvurularının teknik açıdan analizini yapmak, teknik analizlerin uygun bulunmuş olan ön lisanslı, lisanslı veya lisanssız projelerin koordinat değişikliği, türbin teknik özellikleri ve kapasite artışları ile alakalı değişiklik istekleri hakkında uygunluk yazısının düzenlenmesine ilişkin usul ve esasları belirlemesine yönelik durumları hedeflemektedir” (Resmi Gazete, 2015).

Türkiye’de jeotermal potansiyelin en yüksek olduğu bölgeler; Ege, Marmara ve Anadolu’nun iç batı kısmında yer alan

bölgelerdir. Arama ve keşif işlemleri hızla devam etmekte olup jeotermal enerji ve sondajlı araştırmaları derinliği 2000 m civarından 28000 m civarlarına geliştirilmiştir. 2005 senesinden günümüze Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı yardımlarıyla, yeni kaynak bölgelerinin araştırılması ve eldeki kaynakların geliştirilmesi işlemlerinin üzerine ağırlık verilmesi sebebiyle, 2004 yılı sonu itibari ile mevcut 3100 MWt olan tüketilebilir ısı kapasitesine sahiptir. 2008 yılında Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesinin yanı sıra jeotermal arama çalışmalarına özel sektörün de ağırlık vermesiyle yatırım ile geliştirme çalışmaları

beraberinde Türkiye'nin toplamda jeotermal açıdan ısı kapasitesini (ısı miktarının görünürlüğü) 35.500 MWt'e seviyelerine gelmiştir. Jeotermal ısı potansiyeli Türkiye'nin muhtemel olarak 31.500 MWt kapasiteye sahiptir. Elektrik üretiminde kullanılan jeotermal enerji kaynaklarının Türkiye ölçeğinde mevcut kapasitesi 2000 MWe civarlarında olduğu öngörülmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Şekil 6'da Türkiye'deki jeotermal kaynakların haritası görülmektedir. Şekil 6 dikkatli incelendiğinde Ege bölgesinde jeotermal açıdan daha fazla yoğunluk olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası

2000'li yılların başından itibaren gelişen Türkiye'deki jeotermal çalışmalar, Tablo 5'de görülmektedir. 2002 yılında termal ve ısıtma amaçlı kullanılan kapasite miktarı 675 MWt seviyelerinden 2017 yılına gelindiğinde 2843 MWt seviyelerine çıkarak artış göstermektedir. Elektrik üretimi adına 2002 yılında kullanımda olan kurulu güç 15 MWe'den, elektrik üretimin için uygun koşullara sahip jeotermal alanlarının tespit edilmesi, devlet ve özel işletmeler tarafından jeotermal enerji santrali yatırımları ile günümüzde 861 MWe seviyelerine çıkmıştır (Zaim ve Çavşı, 2018).

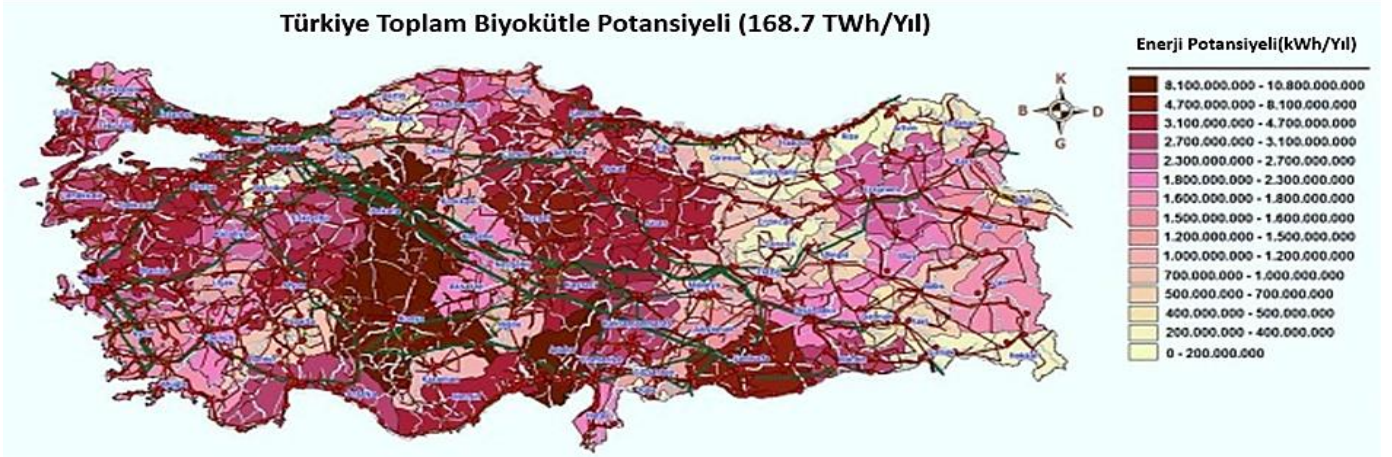
Tablo 5. Türkiye'de yıllara göre jeotermal çalışmalar

Kullanım Alanı	2002	2013	2017
Elektrik Üretimi	15 MWe	311 MWe	861 MWe
Konut Isıtması	275 MWt	813 MWt	1033 MWt
Sera Isıtması	100 MWt	600 MWt	760 MWt
Termal Kullanım	300 MWt	600 MWt	1050 MWt

Biyokütle Enerjisi; Enerji için mevcut biyokütle, farklı nihai enerji türlerine dönüştürülebilir, örneğin ısı (odun kömürü ve üretici gaz) ve güç (elektrik) şeklinde dönüştürülebilir. Bunların arasında elektrik üretimi oldukça önemli bir yere sahiptir (Toklu,

2017). Biyokütle atık potansiyelinin Türkiye için yaklaşık olarak 8,6 MTEP ve üretimi yapılabilecek olan biyogaz rezervinin yaklaşık olarak 1,5-2 MTEP seviyelerinde olması öngörülmektedir (Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Biyokütle ürünleri üretimi açısından Türkiye, su kaynakları, tarımsal alanın kullanılabilirliği, iklim koşulları ve elverişli güneşe sahip olması nedeniyle biyokütle enerjisi açısından çok büyük bir hammaddeye sahiptir (İllez, 2020). Türkiye'nin geneline bakıldığında biyokütle kaynakları orman, tarım, kentsel organik atık, hayvan vb. maddelerden meydana geldiğine dikkat edilecek olursa Türkiye'deki biyokütle enerjisi potansiyeli Şekil 7'deki haritada dağılımı görüldüğü gibi gerçekleşmektedir (Toklu, 2017). Şekil dikkatlice incelendiğinde Türkiye'nin neredeyse tamamı biyokütle enerjisinin elde edilebilmesi adına oldukça elverişlidir.

Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün Biyokütle enerjisinin Türkiye'deki potansiyeli için hazırlanmış olduğu Türkiye'nin Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) isminde uygulama mevcuttur. BEPA vasıtası ile Türkiye'nin herhangi bir bölgesinde biyokütle kaynak türlerinden hangilerinin biyoyakıt, hangilerinin elektrik üretme potansiyeli olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca mevcut kaynakların ülkenin hangi coğrafi bölgelerinde artış gösterdiğini harita üzerinde sayısal ifadeler ve grafiksel olarak canlı bir biçimde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulaması üzerinden erişime sunulmaktadır (İllez, 2020).



Şekil 7. Türkiye’de illere göre biyokütle potansiyel dağılımı

Deniz kökenli enerji kaynağı olan gelgit enerjisi potansiyeli Türkiye’de çok azdır. Akıntı enerji kaynağı olarak ise Çanakkale ve İstanbul Boğazları uygun görünüyor olsada, deniz trafiğinin yoğunluğu sebebiyle kullanılması uygun olamamaktadır. Türkiye’de deniz kökenli enerji kaynaklarından bir diğeri olan dalga enerjisinden yararlanma imkânı bulunmaktadır. Türkiye’yi çevreleyen denizlerde yapılan ölçümler ile yıllık olarak 50 TWh’lik teknik potansiyel olduğu tespit edilmiştir. Marmara harici 2600 km’lik kıyı uzunluğu için 28 GW’lık dalga enerjisi potansiyeli tahmin edilmektedir (Adıyaman, 2012).

Türkiye’nin dalga potansiyeli açısından en yoğun bölgesi Ege ve Akdeniz bölgeleridir, Antalya-İzmir aralığında mevcut potansiyel en yüksek seviyelerdedir. Dalga enerjisinden elektrik üretimi yapılabilmesi adına İzmir(Finike-Dalaman) ve Antalya aralığı en uygun yerler olarak öngörülmektedir (Sağlam ve Uyar, 2005).

Deniz enerjileri ile ilgili Türkiye’de ticari bir çalışma mevcut olmayıp yapılan çalışmaların çoğunluğu akademik olarak yapılmaktadır. Akademik çalışmalar kapsamında test amaçlı kurulan santraller mevcuttur. 2007 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca yapılan bir proje sebebiyle uygulanmış bir sistem de mevcuttur. Uygulanan sistemde dalgaların düşey olarak hareketinin jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürüldüğü dubalar bulunmaktadır. Üretilen bu elektrik enerjisi yaklaşık olarak 5 kWh gücünde ve iki eve yetebilecek seviyededir (Adıyaman, 2012).

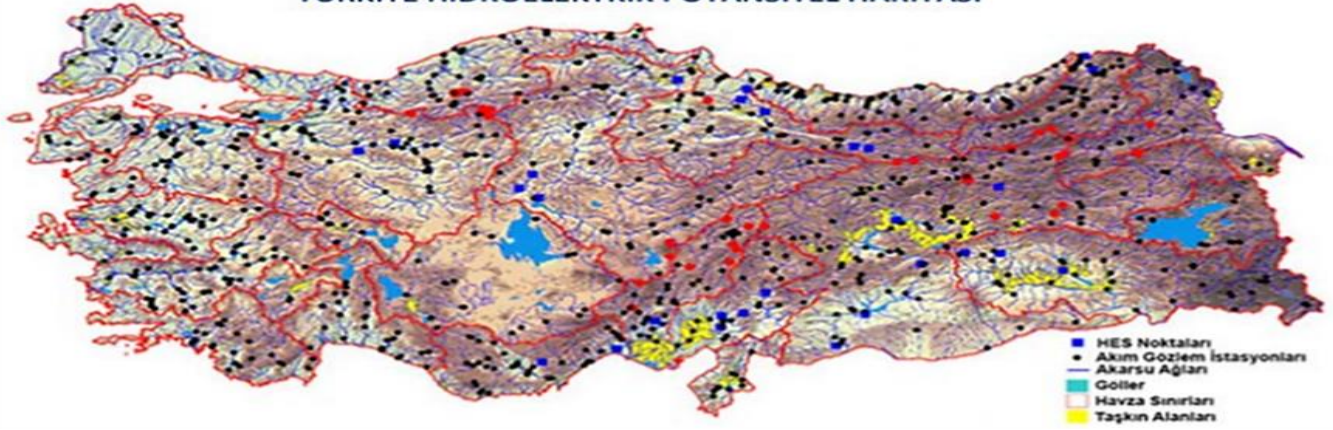
Akarsuyun gücünden yararlanılarak hidroelektrik santrallerde üretilen enerji, yağış rejimine ve sıklığına göre farklılık göstermektedir. Mevsimlere ve bölgelere bağlı olarak Türkiye’de yağışlar ciddi bir biçimde farklılık göstermektedir. Türkiye’ye ortalama düşen 643 mm³/yıl yağış miktarı, yıllık olarak tahmini 501 milyar m³ su kütesine eşdeğerdir. Türkiye coğrafyasına düşen yağış miktarının yaklaşık olarak %50’ye yakını buharlaşma vasıtasıyla atmosfere karışmaktadır. %35’lik kısmı ise dereler ve akarsular ile deniz veya göllere ulaşmaktadır. Geriye kalan yüzdelik kısım ise yerin altındaki su kaynaklarını besleme görevi üstlenmektedir. 21. Yüzyılın başlarındaki bir araştırmaya göre; Türkiye’de her bir bireye karşılık gelen brüt su kütesi yaklaşık olarak 3000 m³ olarak kayıtlara geçmiştir.

Uluslararası çalışmalarda ve kaynaklarda yer alan bilgiye göre bir bireyin kullanımına karşılık gelen su potansiyelinin miktarı 10000 m³/yıl’dan çok olan ülkelere hidrolik potansiyel bakımından varlıklı ülkeler denebilmektedir. 3000-10000 m³/yıl olan ülkeler ise kendi kendine yetebilen ülkeler sınıfına girmektedir. 1000-3000 m³/yıl seviyelerinde olan ülkeler ise su kıtlığı çekmektedir. 1000 m³/yıl’dan az suyu olan ülkelere ise fakir ülkeler olarak bakılmaktadır. Değerlendirmeler ve çalışmalar dikkate alındığında; sanıldandan daha az su kaynağı bulunan Türkiye’nin su kaynağı bakımından su fakiri olan ülkeler arasında yer alma potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. İklim değişikliği ve artan nüfus benzeri etkiler göz önüne alınırsa gelecekte su sıkıntısı çekecek ülkeler arasında Türkiye’de yerini alması muhtemeldir (Adıyaman, 2012). Türkiye hidroelektrik potansiyel haritası Şekil 8’de görüldüğü gibidir (Yılmaz, 2018). Şekil 8’de Türkiye’deki hidroelektrik santral noktaları, akım gözlem istasyonları, akarsu ağları ve çeşitli göllerine yer verilmiştir.

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri ve potansiyeli olan birçok hidrolik enerji kaynağı mevcuttur. Teorik olarak hidroelektrik potansiyeli yaklaşık olarak 433 milyar kWh olmakla beraber teknik açıdan kullanılabilir potansiyeli 216 milyar kWh ve yıllık ekonomik getiriye bakıldığında 160 milyar kWh hidroelektrik enerji potansiyele sahiptir. Türkiye’de 2018 yılında 59,9 milyar kWh elektrik hidroelektrik kaynaklar ile üretilmiştir. 2019 yılı Ağustos ayı sonu itibari ile elektrik üretiminin hidrolik kaynaklardan elde edilmesi 68.452 GWh seviyelerine çıkmıştır. 2018 yılının yılsonu ile 28.291 MW’lık kurulu güce sahip aktif olarak işletmede bulunan 653 adet hidroelektrik santralin Türkiye’deki toplam kurulu gücünün %31,9’una tekabül etmektedir. 2019 yılının Ağustos ayından bu yana Türkiye’de 28.437 MW hidroelektrik kurulu güç değerine çıkmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Türkiye’deki hidroelektrik santraller ile ilgili genel bilgiler Tablo 6 ve Tablo 7’de detaylı olarak görülmektedir. Tablolar incelendiğinde hidroelektrik tesisleri alanında devam eden çalışmalar mevcuttur. Hidroelektrik kurulu gücü gün geçtikçe artmaktadır.

TÜRKİYE HİDROELEKTRİK POTANSİYEL HARİTASI



Şekil 8. Türkiye'nin hidroelektrik potansiyel haritası

Tablo 6. Hidroelektrik santralleri kurulu güç ve proje kapasiteleri

Durum	Güç (MWe)	Oran
Devrede	31.325	%67,9
Kurulumu devam eden	2.684	%6,2
Üretim lisansı alınan	2.807	%6,4
Önlisans alınan	3.820	%8,8
Proje aşamasında	2.969	%6,8
Toplam	43.583	%100

Tablo 7. Hidroelektrik santral profili

Kayıtlı Santral Sayısı	679
Kurulu Güç	31.325 Mwe
Kurulu Güce Oranı	% 32,29
Yıllık Elektrik Üretimi	80.015 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	% 26,67

4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Enerji, toplum olarak gelişmenin ve ekonomik anlamda kalkınabilmenin kaynağı olarak görülmektedir. İleriye yönelik ve doğru bir kalkınmada enerji, ülke ekonomisindeki büyümede ve toplumun refah seviyesinin artması adına önemli bir yer tutmaktadır. Her dönem için enerji ihtiyacı düşük maliyetli, güvenilir, sürdürülebilir ve aynı zamanda çevreye zararlı etkilerinin asgari seviyelere indirilmesi ana hedefler arasında yer alması zorunlu hale gelmiş bulunmaktadır. Türkiye'nin toplumsal refahı ve ekonomik kalkınması adına, enerji ihtiyacını dışarıya bağımlı kalmadan ve alternatif enerji kaynaklarını artırmanın anahtarı, yıllardır göz ardı edilen öz kaynakların ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesidir. Doğal potansiyelinin

farkında olmayan ve bu potansiyellerini iletilemeyen ülkeler, enerji talebini dışarıdan karşılamak zorunda kalacak ve bu durum ise ülke ekonomisine büyük zararlar verecektir.

Türkiye'ye ölçeğine bakıldığında önemli derecede enerji problemi mevcuttur. Doğal(Fosil) enerji kaynaklar açısından kaynaklarının yetersiz olduğu ve enerji ihtiyacının büyük bir kısmını başka ülkelere ithal etmek durumunda olan bir ülke olan Türkiye, şayet yeni yapılacak olan yatırımları yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımına yönelik tercih etmez ise enerji ihtiyacındaki dışa bağımlı olma durumu artacaktır. Bu dışa bağımlılığın oranı ise zamanla katlanarak artmaya devam edecektir. Bu süreçte dışa olan bağımlılık devam etmesi halinde ülke ekonomisi bakımından ve ayrıca arz güvenliği bakımından çok büyük problemlere neden olabilir. Bu duruma sebep olabilecek en büyük etken fosil yakıtlardır. Fosil yakıtların fiyatları her geçen sene artış göstermektedir.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve artırılması konusuna son dönemde çok fazla önem vermektedir. 2017 yılında kabul edilen Milli Enerji Politikası çerçevesine uygun olarak yenilenebilir ve yerli enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve aynı zamanda kullanımının artırılması temel hedefler arasında yerini almaktadır.

Türkiye'nin yenilenebilir ve yerli kaynakları elektrik enerjisinin üretimi konusunda ülke ihtiyaçlarına fazlasıyla yetebilecek seviyededir. Doğru ve etkin politikalar üzerine çalışmalar yapıldığında elektrik enerjisi üretiminin dışa olan bağımlılığı ve bunun beraberinde getirdiği ekonomik yükümlülükler gelecek yıllarda azaltılabilir. Türkiye'de Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu ile Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı gibi kuruluşlar girişimcilere yenilenebilir enerji alanında maddi destekler verilmektedir. Gerek kamu bankaları gerekse özel bankalar yenilenebilir enerjinin potansiyeline maddi destek vermek adına geride kalmaktadır. Bu noktada özel girişimcilerin çeşitli bankalardan yenilenebilir enerji yatırımlarını yapabileceği adına uygun faiz ve vadeler ile kredi imkânı elde edebilmesi adına yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu gibi desteklerin artırılarak yaygınlaşması sağlanmalı ve dışa bağımlılığın azaltılması hedeflenmelidir. Gelecek yıllar temiz, güvenilir ve yenilenebilir enerjinin daha çok tercih edildiği bir dönem olması Türkiye'nin ekonomik açıdan kalkınmasına büyük fayda sağlayacaktır.

Kaynakça

- Acaroğlu, M. (2003). Alternatif Enerji Kaynakları. İstanbul: Nobel Yayınevi.
- Adıyaman, Ç. (2012). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları. Niğde: Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Atçı, M. E. (2012). Türkiye'nin Enerji Yatırımlarının Planlanması Sürecinin Bulanık Ahp Yöntemi ile Değerlendirilmesi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Atılğan, İ. (2000). Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(1), 31-47.
- Bektaş, A. (2013). Binalarda Rüzgar Enerjisi Kullanımının Farklı Bölgeler Açısından Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma: TOKİ Tarımköy Projesi Örneği. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çalışkan, M. (2019). Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli. https://www.mgm.gov.tr/FILES/haberler/2010/retsseminer/2_Mustafa_CALISKAN_RITM.pdf (Erişim tarihi: 28.04.2021)
- Gökkuş, G. (2014). Rüzgar Enerjisi Üretim Sistemlerinde İzleme ve Hata Kontrol Sistemleri. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İllez, B. (2020). Türkiye'de Biyokütle Enerjisi. Türkiye'nin Enerji Görünümü (pp. 317-346). Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası.
- Kadioğlu, S., & Tellioglu, Z. (1996). Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri. TMMOB 1. ENERJİ SEMPOZYUMU. Ankara.
- Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme. Mühendis ve Makina Dergisi, 54(639), 32-44.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D. H., & Avcı, E. D. (2005). Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi. Mersin.
- Mert, S. (2012). Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi Tasarımı Ve Deneysel Çalışması. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Resmi Gazete. (2005). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi. (25819). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm> (Erişim tarihi: 24.05.2021).
- Resmi Gazete. (2015). Rüzgar Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/10/20151020-2.htm> (Erişim tarihi: 21.05.2021).
- Sağlam, M., & Uyar, T. S. (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. Yeksem, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. Mersin.
- Tekno Tasarım. (2021). Hidroelektrik ve Enerji Türbinleri. https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/elektrik/muhendisligi/Editor/DERS/YEIkEnrUrt/Hidroelektrik_Enerji_T%C3%BCrbinleri.pdf (Erişim tarihi: 17.05.2021)
- Toklu, E. (2017). Biomass energy potential and utilization in Turkey. Renewable Energy, 107, 235-244.
- Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. (2021). https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerjistrateji.tr.mfa (Erişim tarihi: 30.04.2021)
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). <https://enerji.gov.tr/enerji> (Erişim tarihi: 26.05.2021)
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> (Erişim tarihi: 22.04.2021).
- Türkiye Cumhuriyeti Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü. (2020). Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari> (Erişim tarihi: 22.04.2021).
- Türkiye Cumhuriyeti Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2018). Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi (1988-2017). <https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx> (Erişim tarihi: 24.05.2021)
- Türkiye Doğalgaz Dağıtıcıları Birliği. (2016). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu. <https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Dunya-ve-Turkiye-Enerji-Gorunumu.pdf> (Erişim tarihi: 22.04.2021).
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2021). Santral Kurulu Güç Raporları. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari> (Erişim tarihi: 23.04.2021).
- Worldometer. (2020). <https://www.worldometers.info/energy/> (Erişim tarihi: 16.05.2021)
- Yapar, M. (2014). Türkiye'de İktisat Politikaları Çerçevesinde Rüzgar Enerjisi Politikalarının Etkinliğinin Analizi: Bir Uygulama. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.
- Yılmaz, Ş. (2018). Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu. Türkiye'nin Enerji Görünümü raporu 2018. 329-330
- Zaim, A., & Çavşi, H. (2018). Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu. Mühendis ve Makina Dergisi, 59(691), 45-58.



Geliştirilmiş EEMD-EWT Tabanlı Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanarak Çok Adımlı Rüzgar Hızı Tahmini

Cem Emeksiz^{1*}, Mustafa Tan²

^{1*} Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4817-9607), cem.emeksiz@gop.edu.tr

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5820-6613), mustan79@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948661)

ATIF/REFERENCE: Emeksiz, C. & Tan, M., (2021). Geliştirilmiş EEMD-EWT Tabanlı Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanarak Çok Adımlı Rüzgar Hızı Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 165-173.

Öz

Rüzgar hızı tahminlemesi rüzgar güç dönüşüm sistemleri için oldukça önemlidir. Bu çalışmada kısa vadeli rüzgar hızı tahminlemesi için hibrit bir ayrıklaştırma yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemde Toplu ampirik mod ayrıştırma (Ensemble Empirical Mode Decomposition, EEMD) ve Ampirik dalgacık dönüşümü (Empirical wavelet transform, EWT) birlikte kullanılmıştır. İlk defa kullanılan bu kombinasyon sonucunda elde edilen ayrıklaştırılmış rüzgar hızı sinyalleri kısmi otokorelasyon fonksiyonu (Partial autocorrelation function, PACF) ile öznelik çıkarma işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen öznelikler, geri beslemeli sinir ağına (Back propagation neural networks, BPNN) uygulanmak suretiyle çok adımlı rüzgar hız tahminleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelin birbirinden bağımsız teknikler kullanılarak yapılan tekil ayrıklaştırmaya göre çok daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü içerisinde kurulan ölçüm istasyonundan toplanmıştır. Önerilen hibrit model, yüksek hassasiyetli rüzgar hızı tahminleri için güvenilir, güçlü ve etkili olduğu kadar veri madenciliği uygulamalarında da kolaylıkla kullanılabilir. Tahmin performansının genel tahmin doğruluğu yaygın olarak kullanılan üç genel hata değerlendirme endeksi olan determinasyon katsayısı (determination coefficient (R^2), ortalama mutlak yüzde hata (mean absolute percent error (MAPE) ve ortalama karekök hata (root mean square error (RMSE)) ile gerçekleştirildi.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar hızı tahmini, Hibrit model, Topluluk ampirik mod ayrıştırma, Ampirik dalgacık dönüşümü, Geri beslemeli sinir ağı.

Multi-Step Wind Speed Estimation Using Improved EEMD-EWT Based Artificial Neural Network Model

Abstract

Wind speed estimation is very important for wind power conversion systems. In this study, a hybrid discretization method is proposed for short-term wind speed estimation. In the proposed method, Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) and Empirical wavelet transform (EWT) are used together. Discretized wind speed signals obtained as a result of this combination used for the first time were subjected to feature extraction process with partial autocorrelation function (PACF). The multi-step wind speed estimation process has been carried out by applying the obtained features to the feedback neural network (Back propagation neural networks, BPNN). It has been determined that the proposed model gives much more accurate and reliable results than the singular discretization using independent techniques. The data used in the study were collected from the measurement station established in Tokat Gaziosmanpaşa University Taşlıçiftlik Campus. The proposed hybrid model is reliable, powerful and effective for high precision wind speed predictions, as well as easily used in data mining applications. The overall prediction accuracy of the prediction performance was achieved with the three commonly used general error rating indices: determination coefficient (R^2), mean absolute percent error (MAPE) and root mean square error (RMSE).

Keywords: Wind speed prediction, Hybrid model, Ensemble empirical mode decomposition, Empirical wavelet transform, Feedback neural network

* Sorumlu Yazar: cem.emeksiz@gop.edu.tr

1. Giriş

Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ve sürdürülebilirliği son yıllarda aktif çalışma konusu olarak önem kazanmaktadır. Rüzgar enerjisi meteorolojisi, temel olarak bölgesel rüzgar potansiyeli analizi, rüzgar türbinlerinin yerleşimi ve kısa süreli rüzgar enerjisi tahminleri ile ilgilenmektedir (Tan, 2020). Rüzgar enerjisi tahmininde en önemli girdi rüzgar hızı olup, rüzgar hızı tahmini rüzgar enerjisi tahmini içinde önemli bir etkiye sahiptir (Guo ve ark., 2012). Elektrik şebeke sistemindeki giriş ve çıkış gücünün dengelenmesinde rüzgar hızının kaotik davranışından dolayı zorlanılmaktadır. Ayrıca, rüzgar türbinlerinin değişken rüzgar hızı nedeniyle zarar görebilme ihtimalleri de vardır. Dolayısıyla, rüzgar enerjisi üretim sistemleri için güvenilir ve kesin rüzgar hızı tahmini hayati önem taşımaktadır. Yapılan bu tahminler, enerji şebekesi dengeleme kaynaklarının planlanmasında uygulanmaktadır. Çalışmalarda, rüzgar enerjisi tahminlerinin geliştirilmesi ile önemli ekonomik ve teknik avantajlar elde edileceği de bildirilmektedir (Qian ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2017; Liu ve ark., 2018; Şenkal, 2014).

Genel olarak rüzgar hızı ve rüzgar gücü zaman serilerinin durağan olmadıkları ve güçlü dalgalanmalar içerdikleri bilinmektedir (Aghajani ve ark., 2016). Rüzgar hızı tahmin modellerinin başarısını artırmak amacıyla, son yıllarda literatürde, çok kısa, kısa ve uzun dönem rüzgar hızı veya rüzgar gücü tahminleri sağlamaya yönelik birçok yaklaşım geliştirilmiş ve bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2017). Rüzgar hızı tahmini için kullanılan teknikler fiziksel yaklaşım, istatistiksel yaklaşım ve hibrit yaklaşım olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Fiziksel yaklaşım, sayısal hava tahminleri (SHT) gibi hava istasyonlarından elde edilen geçmiş verileri kullanır. Bunların modellenmesi karmaşık olduğundan uzun vadeli tahminler için uygundur. İstatistiksel yaklaşımlar ise Otoregresif Hareketli Ortalama (Autoregressive Moving Average, ARMA) modeli, ARMA türevleri ve Yapay Sinir Ağı (YSA) modelleri gibi gelecekteki değerleri modellemek ve tahmin etmek için geçmiş zaman serisi verilerini kullanır. Bu yaklaşımlar, kısa vadeli tahminler içinde kullanılır. Hibrit yaklaşımlar, iki veya daha fazla tahmin yönteminin bir arada kullanılmasıyla elde edilmektedir (Qian ve ark., 2019; Santhosh ve ark., 2018; He ve ark., 2018). Hibrit modeller farklı metodolojilerden yararlanıp ve daha hassas tahmin performansı gösterebildiklerinden, hibrit modellere olan ilgi son zamanda giderek artmıştır (Liu ve ark., 2018). Aynı zamanda yapay zeka tekniklerindeki gelişmeler YSA modellerinin hibrit modellerle kullanılmasını teşvik etmektedir. Bu YSA modelleri, ağırlıklı olarak Geri Yayılım Sinir Ağını (BPNN) içeren, doğrusal olmayan verileri başarıyla işleme yetenekleri nedeniyle rüzgar hızı tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır (Santhosh ve ark., 2018).

Hibrit modellerin oluşturulmasında iki temel yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlardan ilki Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) (Jiang ve Li, 2018; Ren ve ark., 2014), Genetik Algoritma (GA) (Wang ve ark., 2016) vb. gibi sezgisel optimizasyon algoritmalarının kullanıldığı algoritma temelli yaklaşımdır. İkinci yaklaşım ise orijinal zaman serisine çeşitli ayrıştırma teknikleri uygulamasıdır. Ayrıca hem ayrıştırma tekniği hem de farklı algoritma kombinasyonlarının bir arada kullanıldığı yapılara da rastlamak mümkündür. Rüzgar hızı tahminlemede Varyasyon Modu Ayrıştırma (VMD), Toplu Ampirik Mod Ayrıştırma (EEMD), Ampirik Dalgacık Dönüşümü ve Dalgacık Dönüşümü (WT) gibi birçok ayrıştırma tekniği kullanılmaktadır.

Ayrıştırma yöntemlerine dayanan teknikte, orijinal zaman serileri farklı alt dizilere ayrıştırılabilir ve orijinal zaman serilerinden daha etkili bir şekilde tahminleme yapan bir model oluşturulur. (Tascikaraoglu ve Uzunoglu, 2014). Popüler olarak, sıklıkla kullanılan tek ayrıştırma yöntemlerine ek olarak, yakın dönemde ikincil ayrıştırma yöntemleri de araştırılmış ve genellikle tek ayrıştırma yöntemlerinden daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir (Peng ve ark., 2017). Tekli zaman serisi ayrıştırma tekniklerinin çoğunda tahminleme yapılmadan önce eğitim veri seti ve test veri seti dahil olmak üzere tüm ham seri, sadece bir kez ayrıştırılmıştır. Ayrıştırma neticesinde elde edilen birinci içsel mod fonksiyonu (The intrinsic mode function, IMF), anti-kalıcı davranış özelliği ile ana veriye olan benzerliğinden dolayı çalışmalarda ikincil ayrıştırılmayı birinci IMF üzerinden yapılması yönünde etkilemektedir. Birinci ve ikinci ayrıştırma sonucu elde edilen alt fonksiyonlar, ana verinin özelliklerini yansıtmakla beraber daha durağan bir fonksiyon olarak tahminleme performansı üzerinde etkilidirler (Xiao ve ark., 2015).

Santhosh ve ark. (2018), EEMD tekniğini ve Geliştirilmiş dalgacık sinir ağı (Advanced Wavelet Neural Networks, AWNN) modelini birleştiren hibrit EEMD-AWNN yaklaşımı geliştirmişlerdir. Hibrit EEMD-AWNN modeli rüzgar hızının gelecekteki değerlerini tahmin etmek için kullanarak, önerilen EEMD-AWNN modelinin gelişmiş tahmin doğruluğu ile istenen sonucu elde edebileceğini kanıtlamışlardır (Santhosh ve ark., 2018). Li ve ark. (2018), Ampirik Mod Ayrıştırma (EMD)'nin kullanıldığı BPNN, Elman Sinir Ağı (ENN) ve Otomatik Regresif Entegre Hareketli Ortalama (Auto-Regressive Integrated Moving Average, ARIMA)'ya dayalı bir hibrit model oluşturmuşlardır (Liu ve ark., 2018). Zhang ve ark. (2017), Komple Uyarlamalı Gürültülü Toplu Ampirik Mod Ayrıştırma (EEMD), Kaotik Yerel Arama ile Çiçek Tozlaşma Algoritması (Chaotic Local Search Flower Pollination Algorithm, CLSFLA), beş sinir ağı ve Negatif Kısıtlama Yok Teorisi (No Negative Constraint Theory, NNCT)'ne dayalı bir rüzgar hızı tahmin yöntemi sunmuşlardır. Sonuçta, önerilen birleşik modelin tek sinir ağı modelleri ve ARIMA modeli ile karşılaştırılarak en iyi performansa sahip olduğunu göstermişlerdir (Zhang ve ark., 2017). Emeksiz ve Demir (2018) rüzgar enerjisinin en önemli girdileri olarak kabul edilen rüzgar hızlarını makine öğrenme algoritmaları kullanılarak tahmin etmişlerdir. Tahminlemede altı farklı algoritma kullanmış ve bu algoritmalar arasında en düşük hata ve en yüksek korelasyon katsayısı (CC) ile en iyi tahmini Bagging algoritmasında gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada rüzgar hızı tahminini etkileyen meteorolojik parametreleri de incelemişler ve sıcaklık-nem-basınç kombinasyonunun daha düşük hata oranlı bir tahmin gerçekleştirdiğini göstermişlerdir (Emeksiz ve Demir, 2018). He ve ark. (2018) çalışmalarında güçlü bir hibrit sistem geliştirmişlerdir. Veri ön işleme modülünde EEMD tekniği ve veri kümeleme modülü olarak Çekirdek Tabanlı Bulanık C-Ortalama Kümeleme (Kernel-Based Fuzzy C-Mean Clustering, KFCM) algoritması ve tahminleri yürütmek için Dalgacık Sinir Ağı (WNN) modeli oluşturmuşlardır (He ve ark., 2018). Wang ve ark. (2016), rüzgar hızı tahmininde hibrit yöntem EEMD-GA-BP'nin geleneksel GA-BP modelinden daha doğru olduğunu göstermişlerdir (Wang ve ark., 2016). Hu ve ark. (2015), orijinal veri serilerinin farklı frekanslara sahip belirli sinyallere ayrıştırıldığı ve ardından tahmin için Gri Destek Vektör makinesinin (GSVM) kullanıldığı EEMD'ye dayalı bir hibrit tahmin modeli önermişlerdir (Hu et al., 2015). He ve ark., (2018), orijinal rüzgar hızı veri setlerini bir dizi bağımsız İçsel Mod Fonksiyonuna (IMF) ayırmak ve farklı frekanslardaki IMF'lerin değerlerini tahmin etmek için SVM'yi kullanmak için EEMD'ye

dayalı bir hibrit yöntem önermişlerdir (He ve ark., 2018). Torres ve ark. (2011), EEMD'ye dayalı yeni bir modifikasyon yöntemi olan uyarlanabilir gürültülü tam toplu ampirik mod ayrışımını (EEMD) önermişlerdir (Torres ve ark., 2011). Qian ve ark. (2019), ayrışma tabanlı hibrit yöntemler açısından rüzgar enerjisi tahmin literatürünü gözden geçirmişlerdir. Daha spesifik olarak, ayrışmaya dayalı modelleri özetleyerek, yapılarını ve ilişkili algoritmalarını tartışmışlardır. Ayrıştırma tabanlı hibrit modellerin tahmin doğruluğunu nasıl iyileştirdiğini incelemişler ve performansını artırmak için son yıllarda benimsenen mevcut teknikler de özetlemişlerdir (Qian ve ark., 2019). Gou ve ark. (2012) çalışmalarında EMD tabanlı yapay sinir ağını modifiye edilerek bir model geliştirmişlerdir. Çalışmalarının çekirdeği olan Değiştirilmiş EMD tabanlı FNN modeli gösterilmektedir. Ayrıca, IMF1'den kurtulmadan önerdikleri temel iki modelin, tahmin doğruluğunu için çok adımlı rüzgar hızı tahmini yapmışlar ve modelin verimliliğini göstermişlerdir (Guo ve ark., 2012). Liu ve ark. (2015), tekli ve ikincil ayrıştırma için birçok karşılaştırmalı vaka çalışması yapmışlardır. Vaka sonuçlarında ikincil ayrıştırmanın, çok aşamalı rüzgar hızı tahmininde tekli modelden daha iyi performans gösterdiğini göstermişlerdir. Bununla birlikte, ikincil ayrıştırma prosedürü, tekli ayrıştırmadan çok daha fazla hesaplama kaynağı gerektirdiğini de vurgulamışlardır (Liu ve ark., 2015).

Bu çalışmanın bilimsel katkıları ve yenilikçi yönleri ise şu şekilde sıralanmaktadır: (1) Rüzgar hızının yüksek doğruluk ve güvenilirlikte tahminlenmesi için EEMD – EWT – PACF – BPNN adlı yeni bir adaptif dinamik hibrit model önerildi. (2) EEMD sonucu oluşan IMF'ler arasında IMF1 en düzensiz ve doğrusal olmayan parça olduğundan ikincil ayrıştırma tahmin doğruluğunu artırmak için yüksek frekanslı IMF1 üzerinde EWT kullanılmıştır. (3) Önerilen modelle BPNN'ün tahmin doğruluğu ve kararlılığı da artırıldı. (4) Çalışmanın diğer yenilikçi ve önemli noktası ise BPNN girdi seçiminde kullanılmak üzere elde edilen tüm alt fonksiyonlar PACF kullanılarak öznelikleri çıkarılmıştır. Böylece tek ölçekte yapılan araştırmalara göre daha doğru tahminleme yapıldığı gibi rüzgarın rastgelelik davranış özelliği de ortaya konmuştur.

Sunulan çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2 önerilen hibrit tahminleme modelinde kullanılan EEMD, EWT ve PACF yöntemleri ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bölüm 3'te çalışmada kullanılan veriler ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Bölüm 4'te rüzgar hızı tahminlemesi önerilen hibrit model ile gerçekleştirilip tahmin sonuçları ve model performansı sunulmuştur. Son bölümde ise yapılan çalışmanın sonuçları özetlenmektedir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan EEMD, EWT ve PACF yöntemleri ve bunların birleştirilmesi neticesinde elde edilen geliştirilmiş EEMD-EWT tabanlı yapay sinir ağı modeli detaylı bir şekilde aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

2.1. EEMD (Toplu ampirik mod ayrıştırma)

Zaman serisi EMD tekniğini kullanarak bir dizi IMF'ye ayrıştırılabilir. Her IMF'de sadece bir salınım modu vardır ve şu iki temel prensibi karşılar (Gilles, 2013) (Huang ve ark. 1998). İlk prensip toplam veri setinde, sıfır geçiş sayısının ve uç nokta sayısının eşit ya da farklı olması gerektiğini belirtir. İkincisi ise, IMF'nin herhangi bir noktasında, yerel minimum ve yerel maksimum tarafından tanımlanan zarfların ortalama değeri

sıfırdır. EMD'ye kıyasla sahip olduğu avantajlar sayesinde EEMD işaret işleme teknikleri arasında yaygın olarak tercih edilmekte ve kullanılmaktadır. EMD, aynı ve farklı mod da bulunabilen çeşitli salınım türleri gibi karışık mod özelliği sergiler. EEMD, klasik EMD'nin mod karıştırma problemini ortadan kaldırmak için Wu ve Huang tarafından geliştirilmiştir (Wu ve Huang, 2009). EEMD yönteminin özü, EMD yöntemine yardımcı olmak, frekans ölçeklerinin doğal bir şekilde ayrılmasını kolaylaştırmak ve sonuç olarak mod karıştırma oluşumunu azaltmak için tüm zaman-frekans boşluğunda eşit şekilde düşen beyaz gürültünün eklenmesidir. Sağladığı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda ilk ayrıştırma ayrıştırma işleminde EEMD tekniği tercih edilmiştir. EEMD yaklaşımının prosedürleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Sun ve ark., 2018):

1.adım: Topluluk sayısı (En) ve beyaz gürültünün genliğini belirlenir.

2.adım: Orijinal zaman serisi $x(n)$ 'ye beyaz gürültü serisi eklenir ve ardından yeni bir zaman serisi elde edilmiş olur. $X_i(n) = x(n) + noise_i(n)$

3.adım: Yeni zaman serisi $X_i(n)$ standart EMD yöntemini kullanarak birkaç iç mod işlevine (IMF) ve bir artık seriye ayrıştırılır:

$$X_i(n) = \sum_{j=1}^n IMF_{ij}(n) + R_i(n) \quad (1)$$

Burada $IMF_{ij}(n)$ ve $R_i(n)$ sırasıyla i-inci deneme sırasında j-inci IMF ve artık seriyi temsil eder. n, ayrıştırılmış IMF modlarının toplam sayısıdır.

4.adım: 2. ve 3. adım, E_n kez tekrarlanır ve her yinelemede farklı gürültü serileri eklenir

5.adım: E_n denemede nihai ayrıştırma sonucu olarak her IMF ve kalıntı için denemelerin topluluk ortalamasını hesaplanır;

$$\overline{IMF_j(n)} = \frac{1}{E_n} \sum_{i=1}^{E_n} IMF_{ij}(n),$$

$$\overline{R} \text{ Hata! Yer işareti tanımlanmamış.} = \frac{1}{E_n} \sum_{i=1}^{E_n} R_i(n) \quad (2)$$

Ek olarak (He ve ark., 2018)'e göre, topluluk sayısı M = 100 olarak ayarlanırken eklenen gürültü serisinin standart sapması 0.2'ye eşittir.

2.2. EWT (Ampirik dalgacık dönüşümü)

EWT, Jerome Gilles tarafından önerilen yeni bir sinyal işleme tekniğidir (Gilles, 2013). EWT, analiz edilen sinyalin spektrum bilgisine bağlı olan bir grup geçiş filtresi oluşturur. Analiz edilen sinyalin Fourier desteği $[0, \pi]$ N bitişik segmente ayrılır. Her bir segment $\Lambda_n = [\omega_{n-1}, \omega_n]$ olarak ifade edilir. ω_n ayırıcıdır. Ampirik ölçekleme fonksiyonu ve ampirik dalgacıklar sırasıyla Denklem 1 ve 2 kullanılarak hesaplanır.

Bununla birlikte sunulan algoritmanın geçerliliğinin korunması için bazı kısıtlamalar vardır. Örneğin, 3 ve 4 no'lu denklemde yer alan γ oranı ampirik ölçekleme fonksiyonunu ve ampirik dalgacıkları $L^2(R)$ 'nin dar bir ölçeği olarak $\gamma < \min_n (\omega_{n+1} - \omega_n) / (\omega_{n+1} + \omega_n)$ gibi küçük bir değerle sınırlandırılır. $\beta(x)$ genellikle $\beta(x) = x^4(35 - 84x + 70x^2 - 20x^3)$ ile tanımlanır. Orijinal sinyal, aşağıdaki gibi tanımlanan çeşitli ampirik modlara ayrıştırılabilir.

$$\widehat{\phi}_n(\omega) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Eğer } |\omega| \leq (1 - \gamma)\omega_n \\ \cos \left[\frac{\pi}{2} \beta \left(\frac{1}{2\gamma\omega_n} (|\omega| - (1 - \gamma)\omega_n) \right) \right] & \text{Eğer } (1 - \gamma)\omega_n \leq |\omega| \leq (1 + \gamma)\omega_n \\ 0 & \text{değilse} \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$\widehat{\psi}_n(\omega) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Eğer } (1 + \gamma)\omega_n \leq |\omega| \leq (1 - \gamma)\omega_{n+1} \\ \cos \left[\frac{\pi}{2} \beta \left(\frac{1}{2\gamma\omega_{n+1}} (|\omega| - (1 - \gamma)\omega_{n+1}) \right) \right] & \text{Eğer } (1 - \gamma)\omega_{n+1} \leq |\omega| \leq (1 + \gamma)\omega_{n+1} - \gamma\omega_{n+1} \\ \sin \left[\frac{\pi}{2} \beta \left(\frac{1}{2\gamma\omega_n} (|\omega| - (1 - \gamma)\omega_n) \right) \right] & \text{Eğer } (1 - \gamma)\omega_n \leq |\omega| \leq (1 + \gamma)\omega_n - \gamma\omega_n \\ 0 & \text{değilse} \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$w_f^\varepsilon(0, t) = \langle f, \phi_1 \rangle = \int f(\tau) \overline{\phi_1(\tau - t)} d\tau = (\hat{f}(\omega) \overline{\widehat{\phi}_1(\omega)})^\vee \quad (5)$$

$$w_f^\varepsilon(n, t) = \langle f, \psi_n \rangle = \int f(\tau) \overline{\psi_n(\tau - t)} d\tau = (\hat{f}(\omega) \overline{\widehat{\psi}_n(\omega)})^\vee \quad (6)$$

$$f_0(t) = w_f^\varepsilon(0, t) * \phi_1 \quad (7)$$

$$f_k(t) = w_f^\varepsilon(k, t) * \psi_k \quad (8)$$

2.3. Geliştirilmiş EEMD-EWT-PACF-BPNN modeli

Doğrusal ve durağan olmama özelliklerine sahip orijinal rüzgar hızı serisi tahminlemesi hakkında derinlemesine bir kavrayış için, rüzgar hızı serisi önce EEMD tarafından çeşitli frekanslarda alt bölümleri olan sonlu sayıda içsel mod fonksiyonlarına (IMF'ler) ayrıştırılır. Orijinal seriden elde edilen ve orijinal seriye en yakın olan IMF1 üzerinden ikincil ayrıştırma işlemini EWT ile yapılır. Daha sonra alt serileri sırasıyla BPNN ile modellenir ve böylece bu alt serilerin eğilimleri tahmin edilebilir. Son olarak tahmin sonucu üretmek için tüm alt serilerin tahmin sonuçları toplanır. BP algoritması denetimli bir öğrenmedir. Tahminleme ve sınıflandırma uygulamalarında bilinen giriş ve hedef çıktı veri setlerini kullanır. Yapı temelde bir giriş katmanı, bir çıkış katmanı ve bir veya daha fazla gizli katmanlardan oluşur. Giriş katmanından başlamak suretiyle tüm katmanlar sırasıyla gizli katmanlara ve çıkış katmanına bağlanır. Her katman bir veya daha fazla nöron içermektedir. Nöronlar arası bağlantılar ağırlıklar içerir. BP'nin işleyiş amacı öğrenme sürecindeki genel çıktı hatasını kademeli bir şekilde en aza indirmektir. Doğru çıktıyı tahmin etmek için eğitim verileri tekrarlı bir şekilde girdi katmanına uygulanır. BP temelde iki işlemden oluşur: ileri ve geriye doğru işlem (Ozbay ve Karlik, 2002):

Çalışmamızda, ARMA (p, q) modelinde p parametresinin tanımlanmasından esinlenerek BP'nin girdi değişkenlerini belirlemek için kısmi otokorelasyon fonksiyonunu (PACF) ve PACF'a ait kısmi otokorelasyon grafiğini kullanıldı (Cadenas ve Rivera, 2009). Somut olarak, X_i 'nin çıktı değişkeni olduğunu varsayarsak, k gecikmesindeki kısmi otokorelasyon yaklaşık olarak $(-1.96/\sqrt{N}; 1.96/\sqrt{N})$ olan %95 güven aralığının dışındaysa, X_{i-k} girdi değişkenlerinden biridir. Bazen tüm PACF katsayılarının %95 güven aralığında olduğuna dikkat etmek gerekir. Böyle bir durumda girdi değişkeni olarak önceki bir değeri yani X_{i-1} 'i alıyoruz.

Burada PACF'nin tanımı aşağıdaki gibidir (Wang ve Zhao, 2009). Bir zaman serisi $[W_1, W_2, \dots, W_n]$ için γ_k ile gösterilen k gecikmesindeki kovaryans ($k=0$ ise Varyansdır) denklem. (9)'de gösterilmiştir.

$$\gamma_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-k} (W_i - \overline{W})(W_{i+k} - \overline{W}), k=0,1,\dots,M \quad (9)$$

Burada \overline{W} serinin ortalamasıdır, $M = n/4$ maksimum gecikmedir. Daha sonra ρ_k ile gösterilen k gecikmesindeki ACF (otokorelasyon fonksiyonu), denklem. (10)'e göre tahmin edilebilir. ρ_k

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (10)$$

Kovaryans ve ACF sonucuna dayanarak, α_{kk} ile gösterilen k gecikmeli PACF hesaplamasını aşağıdaki gibi gösterilir,

$$\alpha_{kk} = \rho_1$$

$$\alpha_{k+1,k+1} = \frac{\rho_{k+1} - \sum_{j=1}^k \rho_{k+1-j} \alpha_{kj}}{1 - \sum_{j=1}^k \rho_j \alpha_{kj}} \quad (11)$$

$$\alpha_{k+1,j} = \alpha_{k,j} - \alpha_{k+1,k+1} \alpha_{k,k+1-j} \quad (j=1,2,\dots,k)$$

Burada $k=1,2,\dots,M$ 'dir.

2.4. Performans değerlendirme kriterleri

Tahmin performansının genel tahmin doğruluğu yaygın olarak kullanılan üç genel hata değerlendirme endeksi (determinasyon katsayısı (R^2), ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ve kök ortalama kare hatası (RMSE)) ile gerçekleştirildi. Bu endekslere ait denklemler aşağıdadır (Sun ve ark., 2018):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{x}_i)^2} \quad (12)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \hat{x}_i}{y_i} \right| \quad (13)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum(xy) - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \right)^2 \quad (14)$$

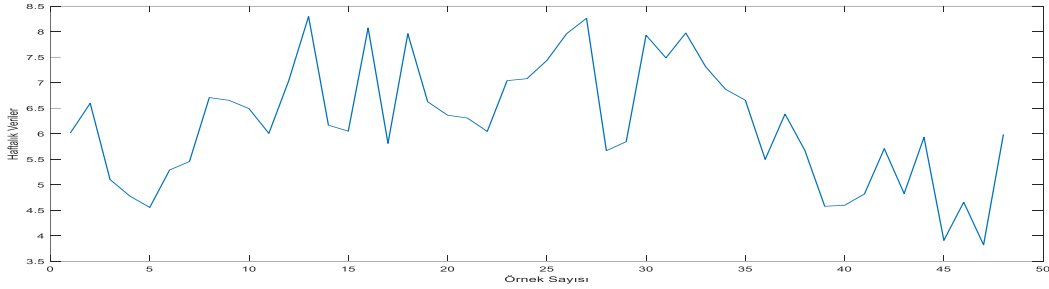
Denklemlerdeki y_i ve \hat{x}_i sırasıyla i 'inci gözlenen ve tahmin edilen rüzgar hızını, N , toplam örnek sayısını temsil etmektedir.

3. Ölçüm İstasyonu ve Veri Toplama

Çalışmamızda kullanılan rüzgar hızı verileri Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi kampüsü içerisinde kurulan ölçüm istasyonundan toplandı. Ölçüm istasyonu (N 40°19'58.73") enlemi ve (E 36°29'0.28") boylamına yerleştirilmiştir. Ölçüm direği 12 m yüksekliğinde olup üzerine 2 adet rüzgar hızı ölçüm sensörü ve 1 adet rüzgar yönü ölçüm sensörü yerleştirilmiştir.

Basınç, sıcaklık ve nem sensörleri direğin alt kısmına montaj edilen güç kutusuna yerleştirilmiştir. Sensörlerin ihtiyaç duyduğu enerji 10 W'lık güneş panel ile sağlanmaktadır. Ayrıca diğer çalışmalarda kullanılmak üzere ölçüm direğinin tepesine AIR-X 400W rüzgar türbini yerleştirilmiştir.

Rüzgar hızı verileri 2017-2019 yılı boyunca 10'ar dakika aralıklarla kaydedildi. Haftalık tahminlemelerde her ayın haftalarına karşılık gelen verilerin ortalaması alındı ve bir yıl için 48 veriye sahip bir çalışma seti oluşturuldu. Verilerin haftalık olarak değişimleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil.1 Haftalık verilerin grafiği

Veri setindeki verilerin 75% eğitim verisi, 25% ise test verisi olarak kullanıldı. Verilere ait ortalama değer, maksimum değer, minimum değer ve standart sapmayı içeren istatistiksel bilgiler

Tablo 1'de listelenmektedir. Bu çalışmada önerilen EEMD-EWT-PACF-BPNN modelinin etkinliğini doğrulamak için bir adımdan beş adıma kadar rüzgar hızı tahmin deneyleri yapılmıştır.

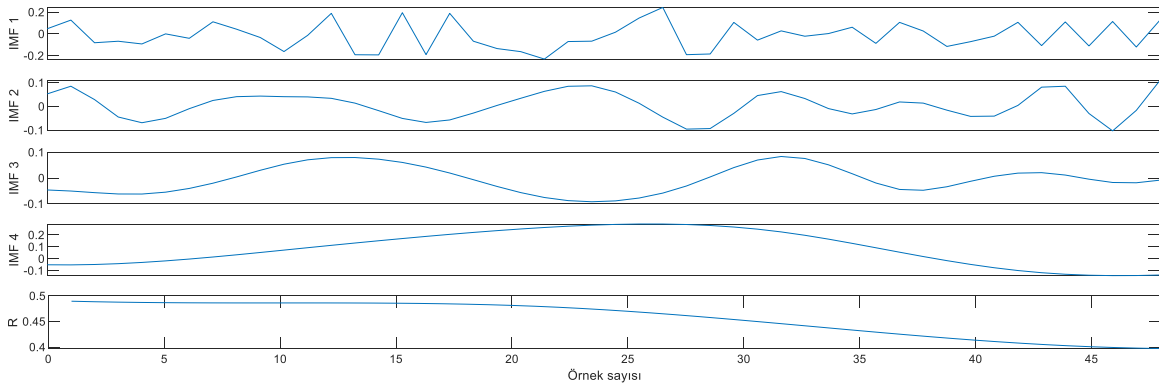
Tablo 1. Haftalık veri setlerinin istatistiksel bilgileri

Veri seti	Ortalama	Maximum	Minimum	Standart Sapma
Haftalık	6.214	8.296	3.820	1.168

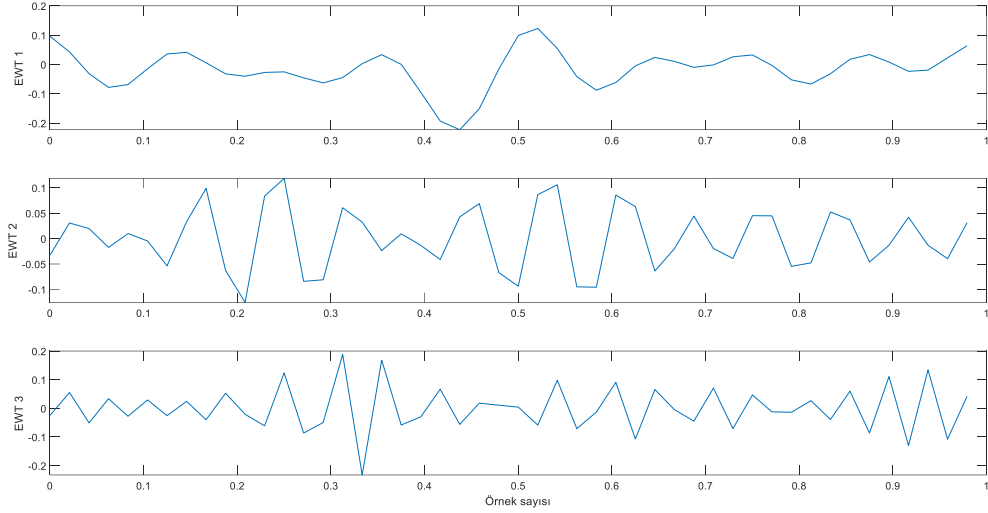
4. Sonuçlar

Rüzgar hızı veri setlerinin özelliklerinin doğru ve güvenilir analizi, etkili bir tahmin modeli geliştirmek için kritik öneme sahiptir. Orijinal haftalık rüzgar hızı verileri, EEMD tekniği ile ayrıştırılmıştır. Şekil 2, azalan sırada orijinal rüzgar hızı

serisinden çıkarılan farklı frekanslara sahip IMF'leri göstermektedir. IMF1-IMF4 ve R olmak üzere toplam 5 bileşen elde edilmiştir. Bu bileşenlerin en yüksek ve en düşük frekansları sırasıyla IMF1 ve R'dir. Şekil 3'de ana verilere en yakın alt veri kümesi olan IMF1, yeni bileşenlerine (EWT1, EWT2, EWT3) ayrıştırılmıştır.



Şekil 2. EEMD tekniği ile elde edilen haftalık veriler için IMF'ler



Şekil.3. Haftalık veri setinin IMF1 serisi, EWT aracılığıyla ayrıştırıldı

Elde edilen IMF ve EWT alt serileri normalize işlemine tabi tutulur ve bu normalize edilmiş IMF'lerin kısmi otokorelasyon grafiği Şekil 4 ve 5'de gösterilmiştir. Grafikte PACF1 – PACF5, sırasıyla normalize IMF'nin PACF'ünü, PACF6 – PACF8 ise EWT'lerin PACF'ünü temsil etmektedir. Bölüm 2'de gösterilen girdi seçme yöntemine göre, Şekil 4 ve 5'deki çıkış değişkenleri X_t ile gözlemlendiğinde, BPNN modellenmesi için girdi değişkenlerinin aşağıdaki gibi olduğu görülmektedir.

$$\text{IMF1: } (X_{t-1});$$

$$\text{IMF2: } (X_{t-5}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1});$$

$$\text{IMF3: } (X_{t-11}, X_{t-6}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1});$$

$$\text{IMF4: } (X_{t-9}, X_{t-8}, X_{t-7}, X_{t-5}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1});$$

$$\text{IMF5: } (X_{t-6}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1});$$

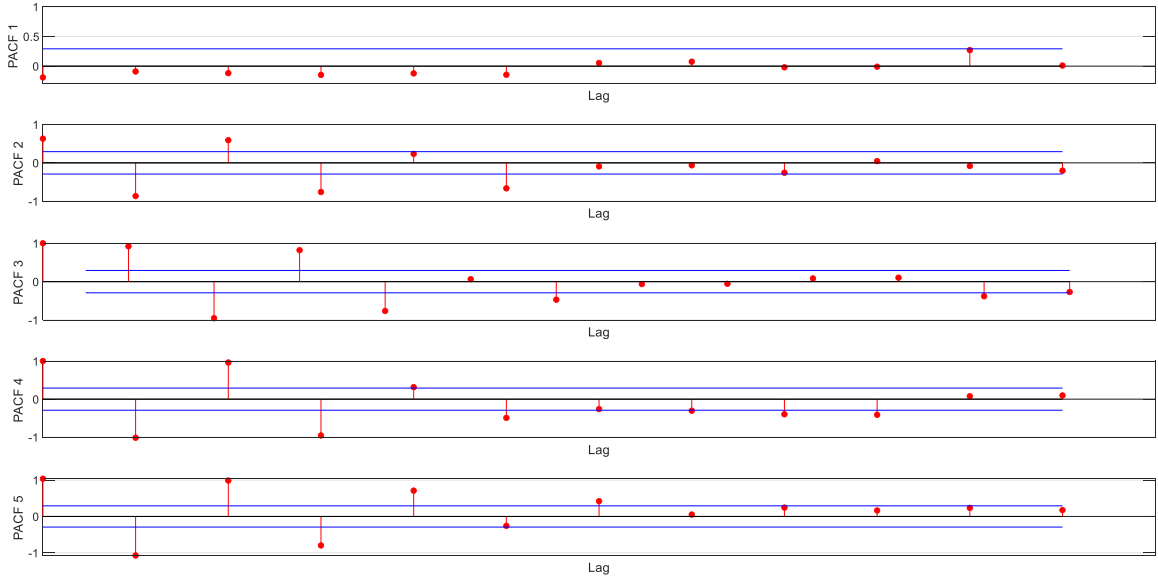
$$\text{EWT1:}$$

$$(X_{t-12}, X_{t-11}, X_{t-10}, X_{t-9}, X_{t-8}, X_{t-7}, X_{t-6}, X_{t-5}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1});$$

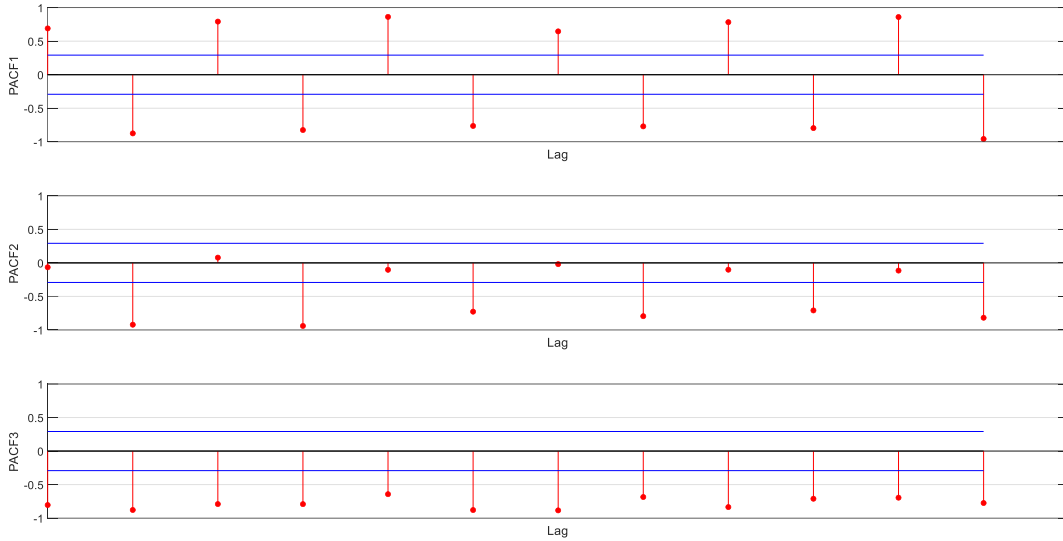
$$\text{EWT2: } (X_{t-12}, X_{t-10}, X_{t-8}, X_{t-6}, X_{t-4}, X_{t-2});$$

$$\text{EWT3:}$$

$$(X_{t-12}, X_{t-11}, X_{t-10}, X_{t-9}, X_{t-8}, X_{t-7}, X_{t-6}, X_{t-5}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1});$$



Şekil 4. EEMD üzerinden elde edilen PACF grafikleri



Şekil 5. EWT üzerinden elde edilen PACF grafikleri

Burada X_t serisi, sırasıyla sekiz normalleştirilmiş seriyi temsil eder. Bu sekiz normalleştirilmiş seri BPNN yöntemi ile tahminlenmiştir. Tablo 2, tüm alt grupların bağımsız olarak

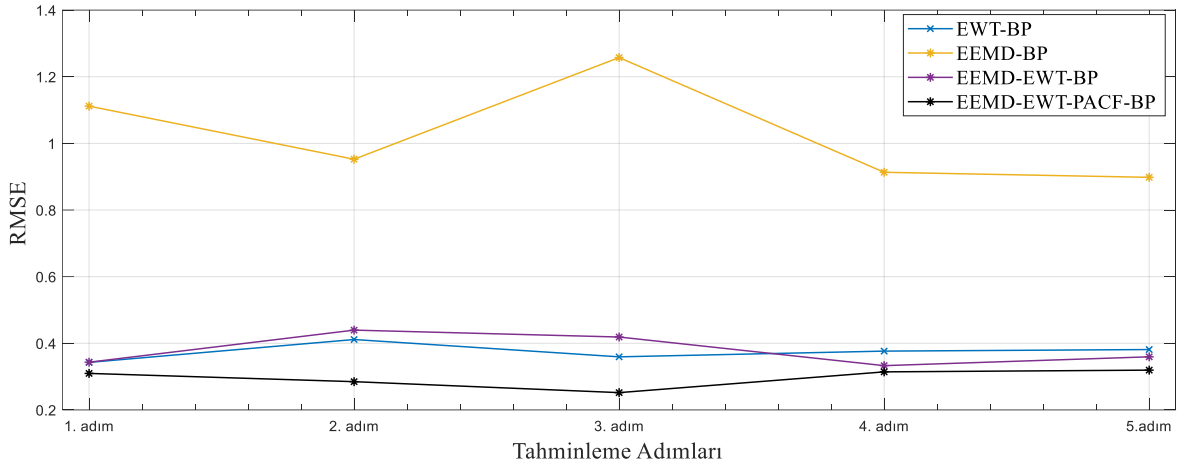
BPNN'a uygulanmasıyla elde edilen analizler için performans değerlendirmesini (RMSE, MAPE ve R^2) göstermektedir.

Tablo 2. Ortalama haftalık rüzgar hızı tahminlemede tüm grupların performans karşılaştırması

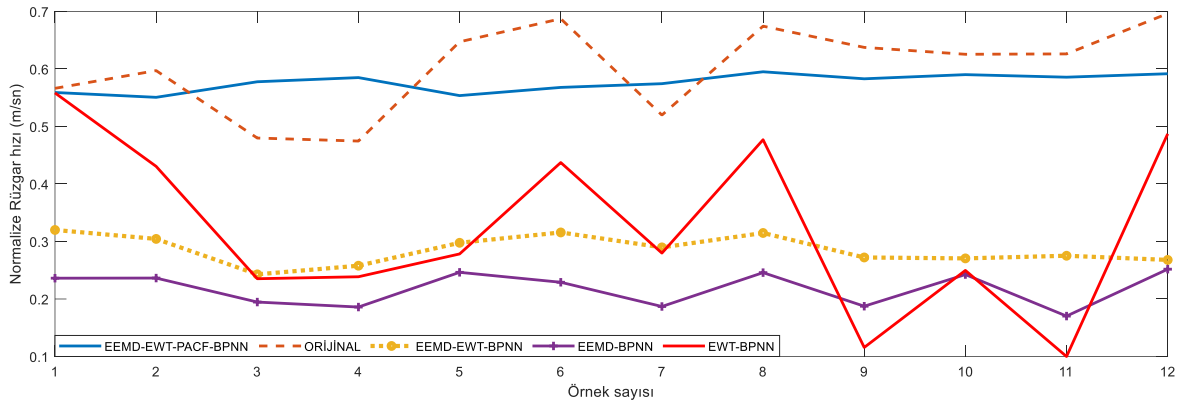
Tahmin Adımları	Metrikler	EWT-BP	EEMD-BP	EEMD-EWT-BP	EEMD-EWT-PACF-BP (Hibrit Model)
Adım 1	MAPE	0.4578	0.9156	0.2787	0.2522
	R^2	0.5723	0.4197	0.2835	0.6928
	RMSE	0.3427	1.1118	0.3432	0.3096
Adım 2	MAPE	0.6148	0.8259	0.3860	0.2094
	R^2	0.0381	0.1798	0.1158	0.7179
	RMSE	0.4113	0.9524	0.4395	0.2848
Adım 3	MAPE	0.5381	1.0420	0.3407	0.1751
	R^2	0.0714	0.2014	0.5472	0.8612
	RMSE	0.3593	1.2575	0.4188	0.2519
Adım 4	MAPE	0.5597	0.8421	0.2442	0.2389
	R^2	0.0374	0.2014	0.3050	0.3619
	RMSE	0.3765	0.9132	0.3329	0.3142
Adım 5	MAPE	0.5497	0.7825	0.2766	0.2440
	R^2	0.4236	0.6460	0.7857	0.9173
	RMSE	0.3812	0.8981	0.3594	0.3194

Tablo 2 incelendiğinde, önerilen hibrit modelin birinci aşamadan beşinci aşamaya kadar tüm tahminler için tüm ölçümlerde en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Önerilen modelin hata oranlarının tüm aşamalarda diğer alt gruplara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Modellerin tüm adımlardaki

elde edilen RMSE değerlerinin değişimi Şekil 6'da gösterilmektedir. Bununla birlikte tüm modellerde 5. adımda gerçekleştirilen tahminleme sonuçlarına göre rüzgar hızı değişimleri Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 6. Modeller arası RMSE değerlerinin değişimi



Şekil 7. 5. adımdaki tahmin sonuçlarına göre rüzgar hızlarının değişimi

5. Bulgular ve Tartışma

Rüzgar enerjisinden maksimum verim elde etmek ve doğru planlama yapmak için rüzgar hızı tahmini çok önemlidir, bu nedenle yüksek doğruluk oranlarına sahip rüzgar hızı tahmin modelleri geliştirilmelidir. Orijinal rüzgar hızı zaman serileri tutarsız ve rastgele davranış sergiler ve bu nedenle birincil rüzgar hızı serilerinin kullanılması önemli hatalara yol açabilir. Hibrit ayrıştırma tabanlı yeni EEMD-EWT-PACF-BPNN modeli, çok adımlı rüzgar hızı tahmini için önerilmektedir. Ayrıştırma ve tahmin modeli, yeni veriler eklendiğinde önerilen modelde dinamik olarak ayarlanabilir ve güncellenebilir. Kurulan ölçüm istasyonunda rüzgar serileri ampirik olarak toplanmış ve bu sayede önerilen modelin uygulanabilirliği test edilmiş ve analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

1- Önerilen EEMD-EWT-PACF-BPNN modeli, tüm alt gruplara (EEMD-BPNN, EWT-BPNN, EEMD-EWT-BPNN) kıyasla en iyi performansa sahiptir. Ayrıca önerilen modelin tek adımdan çok adıma kadar tüm tahmin prosedürleri için oldukça uygun olduğu görülmektedir.

2- Hibrit ayrıştırma yönteminin, rüzgar hızı tahmin kabiliyetinin iyileştirilmesi ve artırılması açısından tek ayrıştırma yöntemlerine (EEMD-BP, EWT-BP) göre daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

3- Sinir ağı girdileri, her bir alt fonksiyon önce normalizasyon işlemine sonrada PACF işlemine tabi tutularak belirlenmiştir.

Kısa vadeli rüzgar enerjisi tahminlerinin doğruluğunu artırmak için gelecekte davranış özelliklerine dayalı yeni birleşik

tahmin yöntemleri önermek faydalı olacaktır. Bu çalışma ile ortaya konan modelin yol gösterici olması beklenmektedir. Önerilen hibrit model, yüksek hassasiyetli rüzgar hızı tahminleri için güvenilir, güçlü ve etkili olduğu kadar önemlidir. Veri madenciliği uygulamalarında da kolaylıkla kullanılabilir.

Kaynakça

- Aghajani, A., Kazemzadeh, R., & Ebrahimi, A. (2016). A novel hybrid approach for predicting wind farm power production based on wavelet transform, hybrid neural networks and imperialist competitive algorithm. *Energy Conversion and Management*, 121, 232-240.
- Cadenas, E., & Rivera, W. (2009). Short term wind speed forecasting in La Venta, Oaxaca, México, using artificial neural networks. *Renewable Energy*, 34(1), 274-278.
- Emeksiz, C., & Demir, G. (2018). An investigation of the effect of meteorological parameters on wind speed estimation using bagging algorithm. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 6(4), 311-321.
- Gilles, J. (2013). Empirical wavelet transform. *IEEE transactions on signal processing*, 61(16), 3999-4010.
- Guo, Z., Zhao, W., Lu, H., & Wang, J. (2012). Multi-step forecasting for wind speed using a modified EMD-based artificial neural network model. *Renewable Energy*, 37(1), 241-249.
- He, Q., Wang, J., & Lu, H. (2018). A hybrid system for short-term wind speed forecasting. *Applied Energy*, 226, 756-771.
- Hu, J., Wang, J., & Ma, K. (2015). A hybrid technique for short-term wind speed prediction. *Energy*, 81, 563-574.

- Huang, N. E., Shen, Z., Long, S. R., Wu, M. C., Shih, H. H., Zheng, Q., Yen, N. C., Tung, C. C., & Liu, H. H. (1998). The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: mathematical, physical and engineering sciences*, 454(1971), 903-995.
- Jiang, P., & Li, C. (2018). Research and application of an innovative combined model based on a modified optimization algorithm for wind speed forecasting. *Measurement*, 124, 395-412.
- Liu, H., Mi, X., & Li, Y. (2018). Comparison of two new intelligent wind speed forecasting approaches based on wavelet packet decomposition, complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise and artificial neural networks. *Energy Conversion and Management*, 155, 188-200.
- Liu, H., Tian, H. Q., Liang, X. F., & Li, Y. F. (2015). Wind speed forecasting approach using secondary decomposition algorithm and Elman neural networks. *Applied Energy*, 157, 183-194.
- Liu, H., Wu, H., & Li, Y. (2018). Smart wind speed forecasting using EWT decomposition, GWO evolutionary optimization, RELM learning and IEWT reconstruction. *Energy Conversion and Management*, 161, 266-283.
- Ozbay, Y., & Karlik, B. (2002). A fast training back-propagation algorithm on windows. *Proceedings of the Third International Symposium on Mathematical & Computational Applications*.
- Peng, T., Zhou, J., Zhang, C., & Zheng, Y. (2017). Multi-step ahead wind speed forecasting using a hybrid model based on two-stage decomposition technique and AdaBoost-extreme learning machine. *Energy Conversion and Management*, 153, 589-602.
- Qian, Z., Pei, Y., Zareipour, H., & Chen, N. (2019). A review and discussion of decomposition-based hybrid models for wind energy forecasting applications. *Applied Energy*, 235, 939-953.
- Ren, C., An, N., Wang, J., Li, L., Hu, B., & Shang, D. (2014). Optimal parameters selection for BP neural network based on particle swarm optimization: A case study of wind speed forecasting. *Knowledge-Based Systems*, 56, 226-239.
- Santhosh, M., Venkaiah, C., & Kumar, D. V. (2018). Ensemble empirical mode decomposition based adaptive wavelet neural network method for wind speed prediction. *Energy Conversion and Management*, 168, 482-493.
- Sun, N., Zhou, J., Chen, L., Jia, B., Tayyab, M., & Peng, T. (2018). An adaptive dynamic short-term wind speed forecasting model using secondary decomposition and an improved regularized extreme learning machine. *Energy*, 165, 939-957.
- Şenkal, S. (2014). Rüzgar Hızı Tahmin Yöntemleri - Örnek Bir Uygulama Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tan, M. (2020). İkincil ayrıştırma tekniği kullanarak yapay sinir ağı temelli çok adımlı rüzgar hızı tahmini. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tascikaraoglu, A., & Uzunoglu, M. (2014). A review of combined approaches for prediction of short-term wind speed and power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 243-254.
- Torres, M. E., Colominas, M. A., Schlotthauer, G., & Flandrin, P. (2011). A complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise. 2011 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP).
- Wang, H., & Zhao, W. (2009). Arima model estimated by particle swarm optimization algorithm for consumer price index forecasting. *International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*.
- Wang, S., Zhang, N., Wu, L., & Wang, Y. (2016). Wind speed forecasting based on the hybrid ensemble empirical mode decomposition and GA-BP neural network method. *Renewable Energy*, 94, 629-636.
- Wu, Z., & Huang, N. E. (2009). Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method. *Advances in adaptive data analysis*, 1(01), 1-41.
- Xiao, L., Wang, J., Dong, Y., & Wu, J. (2015). Combined forecasting models for wind energy forecasting: A case study in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 271-288.
- Zhang, W., Qu, Z., Zhang, K., Mao, W., Ma, Y., & Fan, X. (2017). A combined model based on CEEMDAN and modified flower pollination algorithm for wind speed forecasting. *Energy Conversion and Management*, 136, 439-451.



Nano-Nesnelerin İnternetinin Gelecekteki Uygulamalarına Yönelik Bir Yol Haritası

Emre Şahin^{1*}, Orhan Dağdeviren², Mustafa Alper Akkaş³

^{1*} Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Denizli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4276-3300), emresahin@pau.edu.tr

² Ege Üniversitesi, Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8789-5086), orhan.dagdeviren@ege.edu.tr

³ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0185-0464), alperakkas@ibu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951879)

ATIF/REFERENCE: Şahin, E., Dağdeviren, O. & Akkaş, M. A. (2021). Nano-Nesnelerin İnternetinin Gelecekteki Uygulamalarına Yönelik Bir Yol Haritası. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 174-179.

Öz

Boyutları 1 ile 100 nm arasında değişen belirli bir amaca hizmet edecek yapıların geliştirilmesi ve bu yapıların atomik ya da moleküler düzeydeki kontrolü üzerine yapılan bilim ve mühendislik çalışmalarına nanoteknoloji denir. Nanoteknoloji, küçük boyutlardaki veri depolama, algılama, basit hesaplama ve önceden tanımlı komutları yürütme gibi temel görevleri yerine getiren nano ölçekteki bileşenlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Nano-aygıtların geliştirilme stratejilerine yönelik farklı yaklaşımlar olmakla birlikte bu konu güncel araştırma alanlarından birisidir. Başlarda tekil olarak ön tanımlı basit işlemlerin gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilen bu pasif cihazlar yüksek hesaplama gücü gerektiren karmaşık işlemler karşısında yetersiz kalmış, bunun sonucu olarak da nano ölçekteki cihazların belli bir amaç doğrultusunda birlikte hareket etmesini sağlayacak aktif bir nano-ağ yapısı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Diğer yandan günümüzde hemen hemen tüm teknoloji ürünlerinin haberleşme protokolleri vasıtasıyla birbirleriyle iletişim kurabilmeleri beklenmektedir. Bu doğrultuda, nano ölçekteki cihazların mevcut haberleşme teknolojileri vasıtasıyla mikro ya da makro ölçekteki cihazlarla iletişim kurabilmesi ya da bu cihazlar tarafından kontrol edilebilmesi düşüncesi Nano-Nesnelerin İnterneti – Internet of Nano-Things (IoNT) olarak adlandırılan yeni bir ağ paradigmasının doğmasına neden olmuştur. IoNT, hava kirliliği tespit çalışmalarından genetik mühendisliğine, tarım faaliyetlerinden yüksek hızda veri aktarımına kadar birçok farklı alan için yenilikçi uygulamalar sunmaktadır. Son yıllardaki teknolojik gelişmelerle birlikte, önümüzdeki birkaç yıl içerisinde IoNT'nin hayatımızın hemen hemen her alanında karşımıza çıkması beklenmektedir. Ancak IoNT sahip olduğu birçok avantajın yanı sıra, çözülmesi gereken bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerin başında da nano-aygıtların, sahip olduğu özellikler nedeniyle nano-ağ yapılarına özgü haberleşme protokollerine ihtiyaç duyması gelmektedir. Bu bağlamda nano-aygıtlar, nano-ağlar ve nano-haberleşme teknolojileri araştırmacılar için oldukça güncel ve özgün araştırma konuları sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, Nano-aygıt, Nano-Nesnelerin İnterneti.

A Roadmap to Future Applications for Internet of Nano-Things

Abstract

Nanotechnology is the scientific and engineering studies on the development of structures that will serve a specific purpose with sizes ranging from 1 to 100 nm and the control of these structures at the atomic or molecular level. Nanotechnology has enabled the development of nanoscale components that perform basic tasks such as small-sized data storage, sensing, basic computation, and executing predefined commands. Although there are various approaches to the development of nano-devices, this subject is one of the current research areas. Originally developed to perform simple predefined tasks alone, these passive devices fell short for complex

* Sorumlu Yazar: emresahin@pau.edu.tr

operations requiring high computing capacity. As a result, it has emerged that there is a need for an active nano-network structure that would allow nano-scale devices to act together for a specific purpose. On the other hand, nowadays, it is expected that almost all technology products will be able to communicate with each other via communication protocols. The idea that nano-scale devices can communicate with micro or macro-scale devices via existing communication technologies or can be controlled by these devices has led to the emergence of a new network paradigm called the Internet of Nano-Things (IoNT). IoNT offers innovative applications for many different fields, from air pollution detection systems to genetic engineering or agricultural activities to high-speed data transfer. With the technological developments in recent years, it is expected that IoNT will appear in almost every aspect of our lives in the next few years. However, in addition to its advantages, IoNT also brings some problems to be solved. The most important of these problems is that nano-devices require communication protocols specific to nano-network structures due to their properties. In this context, nano-devices, nano-networks, and nano-communication technologies offer novel and original research topics for researchers.

Keywords: Nanotechnology, Nano-device, Internet of Nano-Things.

1.Giriş

Nanoteknoloji fikri ilk olarak 1965 yılı Nobel Ödülü sahibi Richard Feynman tarafından ortaya atılmıştır (Akyildiz ve ark., 2008). Feynman, insanların gelecekte boyutları giderek küçülen, bununla beraber kapasiteleri ise giderek artan cihazlar geliştireceğini belirtmiştir. Öte yandan, nanoteknoloji basitçe nano ölçekte yürütülen bilim, mühendislik ve teknoloji çalışmaları olarak tanımlanabilir. Daha öncesinde de yapılan bazı çalışmalar olmakla beraber, nanoteknoloji için dönüm noktası 2000'li yılların başları olmuştur. Nanoteknolojinin en temel fonksiyonel birimi, yalnızca basit hesaplama ve iletişim kapasitesine sahip, boyutları 1 ile 100 nm arasında değişen nano-aygıtlardır. Nano-aygıtların, sahip oldukları sınırlı kaynaklardan dolayı tek başlarına karmaşık işlemleri yerine getirmeleri mümkün değildir. Bu doğrultuda nano-aygıtlar tek bir cihazın sahip olduğu yeteneklerin ötesindeki işleri yerine getirebilmek için merkezi ya da dağıtık yapıda bir araya gelerek nano-ağları oluştururlar. Farklı boyut ve kapasitedeki nano-aygıtların internet aracılığıyla birbirine bağlanmasıyla IoNT adı verilen yeni jenerasyon bir haberleşme standardı ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda genellikle biyo-medikal ve sağlık uygulamalarının üzerinde durulmuş olsa da IoNT alanında tarım, üretim, gıda, tüketici elektroniği, otomotiv ve savunma sanayi gibi daha birçok sektör için devrim niteliğinde yenilikler sunmaktadır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışma kapsamında 21. yüzyılın en fazla umut vadeden ve her geçen gün aldığı yatırım miktarı artan IoNT'nin mevcut uygulamalarının yanı sıra gelecekte var olması muhtemel potansiyel uygulama alanları da tüm yönleriyle ele alınmıştır. Dahası bahsi geçen uygulamalar, anlaşılabilirliği arttırmak için çeşitli görsellerle desteklenmiştir. Diğer yandan nano-aygıtların sahip olduğu boyut ve sınırlı kapasite gibi özelliklerinden dolayı nano-ağ uygulamalarında mevcut ağ teknolojileri kullanılamamaktadır. Bu durum da beraberinde çözülmesi gereken yeni problemleri getirmektedir. Yüksek hesaplama kapasitesine sahip nano-aygıtların nasıl geliştirileceği, nano-aygıtların birbirleri arasında nasıl iletişim kuracağı gibi problemler bu çalışmanın ana konusunu oluşturmamakla birlikte çalışmanın devam eden bölümlerinde bu konulara da kısaca yer verilmiştir.

Çalışma kapsamında, nanoteknoloji ve IoNT kavramının ortaya çıkış süreci, kısa tarihçesi, son yıllardaki en büyük yatırımcıları ve mevcut pazar payı Bölüm 2'de, IoNT'nin mevcut ve potansiyel uygulamaları, doğrudan ya da dolaylı olarak etkilediği sektörler ve adı geçen uygulamaların sağladığı ya da sağlayacağı kazanımlar Bölüm 3'te verilmiştir. Son bölümde ise IoNT teknolojileri ile ilgili geleceğe dair beklentiler ve tahminlerin yanı sıra, bu teknolojilerin beraberinde getirdiği aşılması gereken problemler irdelenmiştir.

2.Nano-Nesnelerin İnterneti (IoNT)

Son çeyrek asırdır Nesnelerin İnterneti – Internet of Things (IoT) kavramı modern kablosuz haberleşme dünyasında büyük bir popülerite kazanmış ve yeni bir devrim olarak kabul edilmiştir. IoT kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte, tek başlarına karmaşık süreçleri ve işlemleri yerine getirebilen gelişmiş cihazlara olan ilgi, belli bir görevi yerine getirmek için çevresindeki diğer cihazlarla ortak bir şekilde hareket etmesi gereken basit cihazların bir araya gelerek oluşturduğu ağ teknolojilerine kaymıştır. Bilgisayar bilimlerinde yaşanan gelişmelerle eş zamanlı olarak fizik, kimya ve malzeme bilimi gibi diğer bilim dallarında meydana gelen gelişmeler, bilgisayar bilimlerindeki araştırma konularını da etkilemiştir. Araştırmacılar tarafından karbon nano tüplerin bulunmasıyla birlikte araştırmacıların ilgisi nano ölçekteki yeni materyallerin geliştirilmesi, atomik ya da moleküler ölçekteki maddelerin direkt kontrolü gibi konulara kaymış ve yalnızca bir kavram olmanın dışında bir araştırma ve bilim dalı olarak nanoteknoloji hayatımıza girmiştir. Nanoteknoloji, yer bilimi, organik kimya, moleküler biyoloji, yarı iletkenler fiziği ve bilgisayar bilimleri gibi birçok disiplini içine alan bir bilim dalı olduğu için son yıllarda hem ülkeler hem de firmalar bu alanda önemli yatırımlar ve çalışmalar yapmaktadır.

Nanoteknolojiyi bu kadar güçlü yapan etmenlerden biri ise nano-aygıtlardır. Bir nano-aygıt algılama ve yürütme gibi temel görevleri yerine getirebilmek amacıyla bir araya getirilmiş nano-parçacıklardan meydana gelen temel fonksiyonel birim olarak tanımlanabilir. Nano-aygıtlar arasındaki etkin iş birliği ve koordinasyon, bu aygıtların farklı işleyiş ve karmaşıklığa sahip birçok uygulamada kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Kısacası mevcut haberleşme teknolojileri ve yüksek hızlı internet ağlarından yola çıkılarak bu nano-aygıtların birbiriyle iletişim kurabilmeleri fikri IoNT olarak adlandırılan yeni bir kavramın ortaya çıkmasına neden olmuştur. IoNT, Fuat Akyildiz ve Joseph Miquel Jornet tarafından önerilen bir kavramdır (Akyildiz ve Jornet, 2010). Akyildiz ve Jornet IoNT'yi nano ölçekli aygıtlar arasında modern haberleşme teknolojilerini kullanarak oluşturulan yeni bir ağ yaklaşımı olarak tanımlamışlardır.

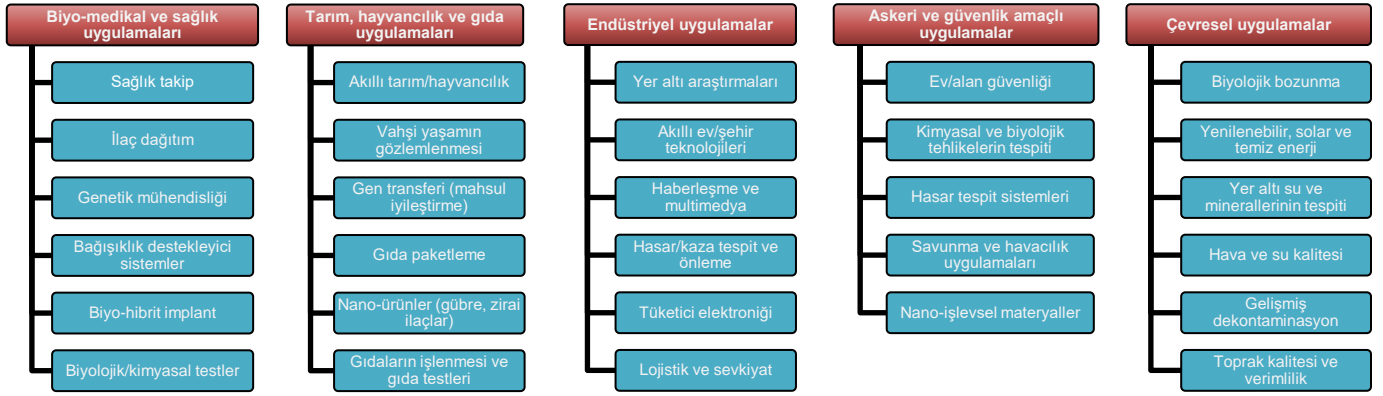
Cisco, Huawei, IBM, Intel ve Microsoft başta olmak üzere dünya genelinde birçok firma IoNT'ye önemli yatırımlar yapmaktadır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki, bu yatırımlar doğrultusunda, 2019 yılında yaklaşık 5,3 milyar dolar olan IoNT pazar değeri 2020'de 6,15 milyar dolara yükselmiştir. Dahası 2026 yılında bu sayının 16,8 milyar doları geçmesi beklenmektedir. Benzer şekilde IoNT'nin en temel bileşeni olan nano-duyargaların ise 2019 yılında 432 milyon dolar olan pazar değerinin 2020 yılında yaklaşık olarak 442 milyon dolara kadar yükseldiği ve bu sayının 2026'da 8 milyar dolardan daha fazla

olmasının beklendiği belirtilmiştir. Bununla beraber Kuzey Amerika dünya genelinde en geniş pazar payına sahipken, Asya Pasifik son yıllarda gösterdiği performansla Latin Amerika, Avrupa, Orta Doğu ve Afrika'yı geride bırakarak en hızlı büyüyen pazar olmuştur. İnsanları doğrudan ya da dolaylı yollarla etkileyen mevcut ya da geliştirilmekte olan birçok IoNT uygulaması olsa da IoNT'nin insan yaşamına sağlayacağı faydalar henüz tam olarak kavranmamıştır.

3.Uygulama Alanları

Nano-aygıtların ortak bir amaç doğrultusunda bir araya gelerek oluşturdukları nano-ağ yapıları sağlık sektöründen askeri faaliyetlere kadar birçok farklı alanda sunduğu ve vadettiği yeniklerin bir sonucu olarak bugünlerde bir nano-üretim devrimi

olarak kabul edilmektedir. Bu yenilikler, nano-aygıtların haberleşme türüne ve haberleşmenin gerçekleştiği ortama bağlı olarak farklı şekillerde isimlendirilmektedir. Bunlardan bazıları Kablosuz Nano-Duyarga Ağları, Vücut Nano-Duyarga Ağları, Vücut Alan Ağları, Kablosuz Vücut Alan Ağları, Biyo Nano-Nesnelere İnterneti ve Multimedya Nano-Nesnelere İnterneti'dir. Dahası gelecekte bu ve bunun gibi kavramların bir araya gelerek Her şeyin İnterneti – Internet of Everything (IoE)'ni oluşturacağı düşünülmektedir. Nano-aygıtlar farklı alanlarda potansiyel birçok uygulama vadediyor olsa da bu uygulamalar konularına ve kullanılan nano-aygıtların tiplerine bağlı olarak bazı gruplara ayrılmaktadır. Şekil 1'de mevcut ve potansiyel nano-ağ uygulamaları için örnek bir gruplandırma verilmiştir. Devam eden bölümde ise her bir uygulama alanı detaylı bir şekilde ele alınmıştır.



Şekil 1: IoNT Uygulama Alanları

3.1.Biyo-medikal ve Sağlık Uygulamaları

Nano-aygıtlar, sahip olduğu biyo-uyumluluk ve küçük boyut gibi özellikleri sayesinde ilaç dağıtım, sağlık takip, biyo-hibrit implant, bağışıklık destek sistemleri ve genetik mühendisliği başta olmak üzere bu alana özgü devrim niteliğinde birçok uygulama vademektedir. Yapılan araştırmalar bu alandaki çalışmaların genellikle sağlık takibi üzerine yoğunlaştığını göstermektedir. Bu uygulamalar, vücut içerisine yerleştirilen nano-aygıtlar vasıtasıyla insanların vücut sıcaklığı, oksijen ve kolesterol seviyesi gibi hayati bilgilerinin gözlemlenerek herhangi bir sebepten dolayı meydana gelebilecek hormonal ve kimyasal bozulmaların anlık olarak tespit edilebilmesini amaçlamaktadır (Balasubramaniam ve Kangasharju, 2012; Jarmakiewicz ve ark., 2016). Şekil 2 (a)'da basit bir sağlık takip uygulaması örneği verilmiştir. Bu uygulamada, en basit nano-aygıt olan nano-duyargalar, buldukları bölgeye ait sağlık verilerini oluşturmaktan ve bunları nano-duyargalara göre kısmen daha gelişmiş olan nano-yönlendiricilere aktarmaktan sorumludur. Nano-yönlendiriciler ise topladıkları verileri bir nano-arayüze aktararak verilerin geleneksel internet uygulamaları tarafından erişilebilir olmasını sağlar. Bu sayede de hasta ya da sağlıklı bireylerin hayati değerleri hem sağlık merkezleri hem de sağlık çalışanları tarafından anlık olarak gözlemlenebilir. Burada, nano-arayüz olarak adlandırılan yapıların hem nano hem de geleneksel ağ teknolojileri ile haberleşmeyi sağlayan gelişmiş bir nano-aygıt olduğu da unutulmamalıdır. Bu uygulamaların son yıllardaki giderek artan popülerliklerinin en önemli sebeplerinden biri de bu tip uygulamaların insan yaşam kalitesini artırıyor olmasıdır. Özellikle tespit edilmesi ya da tanı konulması için oldukça yoğun süreçleri gerektiren kanser hücresi veya patolojik yapıların tespiti nano-aygıtlardan oluşan nano-ağ yapıları

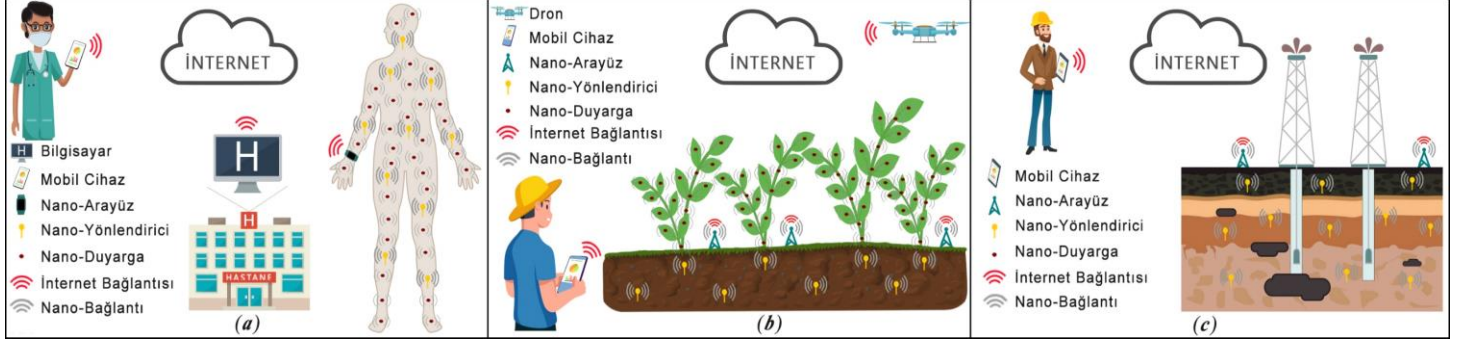
sayesinde daha kısa sürede ve daha az maliyetle yapılabilir. Ayrıca bu tip hastalıklarda tedavi başarımını arttıran en büyük etken erken tanıdır. Bu bağlamda vücut içerisinde bulunan nano-aygıtlar sayesinde bu tip hastalıkların ya da rahatsızlıkların ortaya çıkarılmaması tespit edilmesi sağlanabilir.

Nano-aygıtların yaygın olarak kullanıldığı uygulamalardan bir diğeri de ilaç dağıtım sistemleridir. Bu sistemlerde amaç önceden tespit edilen bir hastalık ya da anormal bir durum için uygun tedavinin nano-aygıtlar vasıtasıyla doğrudan ilgili bölgeye uygulanmasıdır. Bu durum tedavinin doğrudan ilgili bölgeye uygulanmasından dolayı başarımın artması ve tedavi yöntemlerindeki yan etkilerin azalması gibi avantajları da beraberinde getirmektedir. Özellikle kanser ve böbrek yetmezliği gibi tedavi süreci ve yan etkileri ağır olan hastalıklar dikkate alındığında bu yapıların oldukça kullanışlı olacağı düşünülmektedir. Dahası bu teknolojik gelişmelerin ilaç sektöründe köklü değişikliklere neden olacağı da bir gerçektir.

Mayıs 2021 tarihi itibarıyla halen tüm dünyada etkisini sürdüren Covid-19 yakın geçmişteki en büyük salgın olarak kabul edilmektedir. Dünya genelinde 3 milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine neden olan bu salgın ekonomik, sosyal ve kültürel bakımdan da tüm dünyayı olumsuz yönde etkilemektedir. Dahası bu gibi salgınlarda, salgının kontrol altına alınmamasının en önemli sebeplerinden birisi de virüse maruz kalan kişilerin test yaptırmaktan kaçınması sonucunda olası hastaların tespit edilememesidir. Nano-ağ uygulamaları sayesinde (özellikle vücut içi) kişilerin kendi tercihine bakılmaksızın otonom olarak yapılacak testlerden elde edilen sonuçlar ilgili kurumlara aktararak tüm hastaların ve temaslı olduğu kişilerin doğru ve eksiksiz bir biçimde tespit edilerek, en kısa sürede gözetim altına alınması sağlanabilir.

İnsan ya da hayvan yaşamını olumsuz yönde etkileyen en önemli şeylerden birisi de doğuştan ya da bir kaza sonucu meydana gelen organ kayıplarıdır. Bu bağlamda nano-aygıtlar, zarar görmüş doku ve organları destekleyecek ya da tamamen yerini alacak biyo-hibrit tedavi yöntemleri ve implant teknolojileri geliştirmek amacıyla da kullanılabilir. Dahası bu nano-aygıtların bir araya gelmesiyle zarar görmüş merkezi sinir

sisteminin kısmen ya da tamamen yerini alabilecek yapay bir sistem geliştirilerek bunama ve Alzheimer gibi hastalıkların tedavisi de gerçekleştirilebilir. Tüm bunların yanı sıra nano-aygıtlar, DNA teşhisinden, moleküler dizilim ve modifikasyona kadar birçok farklı genetik mühendisliği çalışması için de potansiyel uygulamalara gebe dir.



Şekil 2: IoNT Uygulamaları a) Sağlık Takip Uygulaması b) Akıllı Tarım Uygulaması c) Endüstriyel Nano-Ağ Uygulaması

3.2. Tarım, Hayvancılık ve Gıda Uygulamaları

Günümüzde giderek azalan tarım ve hayvancılık alanlarından en yüksek verimi alabilmek amacıyla son yıllarda akıllı tarım ve akıllı üretim kavramları oldukça popüler bir hale gelmiştir. Bu doğrultuda nano-ağ uygulamalarının da potansiyel birçok çözüm sunacağı düşünülmektedir. Bu çözümler arasında hayvanların etkin bir şekilde beslenmesi, zirai ilaçların uygun bir şekilde kullanılması, tarım alanlarına ait bilgilerin toplanması, toprağa, bitkiye, hayvanlara ya da diğer ortamlara yerleştirilecek nano-aygıtlar sayesinde hayvanların/bitkilerin sağlık verilerinin izlenmesi gibi uygulamalar yer almaktadır. Bu uygulamalar sayesinde hayvan ve bitkilerin sağlık durumları gerçek zamanlı olarak takip edilerek hastalıkların ya da diğer olumsuz durumların kısa sürede tespit edilmesi sağlanabilir (Meena ve ark., 2018). Dahası bu nano-aygıtlar, enzimlerin ve ilaçların salınımını tetikleyerek doğrudan tedavi sürecine de dahil olabilirler. Geçmişte binlerce hayvanın ve bitkinin telef olmasına neden olan salgın hastalıklar dikkate alındığında bu tür uygulamaların hastalıkların tespit edilmesi ve önlenmesi açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Nano-ağ teknolojilerinin tarım alanlarındaki kullanımına ilişkin bir örnek Şekil 2 (b)'de gösterilmiştir. Bu uygulamada, toprağa ve bitkilere yerleştirilen nano-aygıtlar vasıtasıyla elde edilen bilgilerin (toprağa ait nemlilik, mineral miktarı ve bitkinin sağlık verileri), bir mobil cihaz üzerinden anlık olarak takip edilebilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca bu yapıya mevcut dron ve robot teknolojilerinin entegrasyonu ile ilgili bölgedeki güvenlik, gözetim ve tarım faaliyetlerinin otonom bir şekilde sürdürülmesi de sağlanabilir. Diğer yandan nano-aygıtlar küçük boyutları nedeniyle canlıların yaşamlarını kısıtlamayacağı için yaban hayatın gözlenmesi ve araştırılmasına yönelik çalışmalar için de oldukça uygundur.

Tarımsal faaliyetlerde en önemli gider kalemini zirai ilaçlar ve gübreler oluşturmaktadır. Ayrıca her yıl dünya genelinde 26 milyon insan bu ilaçlar nedeniyle zehirlenirken, 220 bin insansa hayatını kaybetmektedir (Maksimović ve ark., 2019). Bu doğrultuda, nano-aygıtlar, toprakla ilgili gerçek zamanlı bilgilerden yararlanılarak kontrollü/etkin gübreleme ve ilaçlama yapmak için kullanılabilirler. Diğer yandan dünya üzerindeki su kaynakları her geçen gün giderek azalmaktadır ve bunun en büyük nedenlerinden birisi de tarımdaki bilinçsiz sulama faaliyetleridir. Bu noktada, bitkilere ya da toprağa yerleştirilen

nano-aygıtlar etkin sulama faaliyetleri amacıyla da kullanılabilirler (Antonacci ve ark., 2018). Ayrıca bu yapıardan yararlanılarak toprak özelliklerine bağlı karar destek sistemleri de oluşturulabilir. Dahası bu nano-aygıtlar vasıtasıyla bitkiler arasındaki polen aktarım sürecini kolaylaştıracak yapay aşılama ve döllenme sistemleri geliştirilebilir. Benzer şekilde nano-aygıtlar tarafından salgılanan enzim ve kimyasallar vasıtasıyla hayvanların hormonal yapılarına müdahale edilerek üreme gibi faaliyetleri kontrol altına alınabilir.

Nano-aygıtların etkin bir şekilde kullanılabileceği alanlardan bir diğeri de gıdaların üretim ve paketlenme sürecindeki faaliyetlerdir. Bu kapsamda nano-aygıtlar vasıtasıyla, hayvanlar için tükettiği yemlerin, bitkiler içinse kullanılan zirai ilaç ve gübrelerin gözlemlenmesi sonucu elde edilen bilgilerden yararlanılarak gıdaların kalite ve besin değeri açısından derecelendirilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir. Türene göre değişmekle birlikte tüm gıda ürünlerinin toplandıktan ya da paketlenildikten sonra belli bir süre içerisinde tüketilmesi gerekir. Fakat bu süre ideal koşullar göz önünde bulundurularak belirlenir, ama bazen gerek sevkiyat gerekse depolama süreçlerinde gıdalar uygun olmayan koşullara maruz kalabilmekte, bu durum da gıdaların tazeliğini ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu doğrultuda, gıda ambalajlarının üzerine yerleştirilen nano-aygıtlardan yararlanılarak gıdaların tazeliğini anlık olarak ölçebilecek gerçek zamanlı sistemler tasarlanabilir. Diğer yandan, nano-aygıtlar bitkilerin ya da hayvanların bazı genetik özelliklerini değiştirerek çevre koşullarına, hastalıklara ve bakterilere karşı daha dayanıklı türlerin geliştirilmesi amacıyla da kullanılabilirler.

3.3. Endüstriyel Uygulamalar

Endüstriyel nano-ağ uygulamaları kalite kontrol, ürün geliştirme ve üretim süreçlerinin izlenmesi amacıyla nano-aygıtların bir araya getirildiği sistemleri içermektedir. Bu alanda, nano-aygıtların genellikle leke tutmayan ve antimikrobiyal kumaş gibi fonksiyonel malzemelerin üretimi için kullanılması amaçlanmaktadır. Dahası kumaş üzerine yerleştirilen bu nano-aygıtlar dış koşullara bağlı olarak kumaş üzerindeki hava akışını düzenlemek için de kullanılabilirler. Geliştirilen bu işlevsel materyaller birçok farklı faaliyet kolunda üretilen ürünlerin konfor seviyesini önemli düzeyde yükseltecek yenilikler içermektedir. Diğer taraftan bu materyallerin özellikle inşaat ve

otomotiv sektöründeki ürünlere kaza/hasar algılama ve önleme gibi özellikler kazandırması da beklenmektedir. Bu bağlamda araç içerisindeki nano-aygıtlar vasıtasıyla sürücülerin yorgunluk, alkol, uyuşturucu ve diğer sağlık bilgileri anlık olarak tespit edilerek olası felaketleri önlemeye yönelik tedbirler alınabilir. Benzer şekilde tuğlaların içerisine yerleştirilecek nano-aygıtlar, yapıların dayanıklılığını anlık olarak ölçmeyi ve olası bir olumsuz durumda mikro ve makro ölçekteki aygıtlarla iletişime geçerek insanların zamanında uyarılmasını sağlayabilirler. Bu durum, günümüzde oldukça popüler uygulamalardan birisi olan akıllı ev teknolojilerine de farklı bir boyut kazandırabilir. Dahası bu sistem, deprem vb. nedenlerden dolayı meydana gelen yıkımlarda nano-aygıtların enkaz alanına saçılması sonucunda enkaz bölgesi hakkında bilgi toplamak için de kullanılabilir.

Nano-aygıtlar, küçük boyutları sayesinde yeraltındaki petrol/gaz miktarının ve konumunun net olarak belirlenmesine yönelik çalışmalarda da kullanılabilirler. Şekil 2 (c)'de zemindeki çeşitli çatlaklardan ve boşluklardan içeriye doğru gönderilen nano-aygıtların yeraltındaki petrol kaynaklarına ait konum, kalite ve miktar gibi bilgilerinin daha az iş gücü ve maliyetle elde edilmesine yönelik bir örnek verilmiştir. Benzer şekilde, olası bir kaza durumunda yüzlerce insanın hayatını kaybetmesine neden olan madencilik ve mermer çıkarma faaliyetleri de nano-ağ uygulamalarının potansiyel uygulama alanları arasındadır. Dahası günümüzde en hızlı tükenen kaynaklarımızdan birisi olan su için alternatif yer altı kaynaklarının tespit edilmesi çalışmalarında da nano-aygıtlardan yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Elektromanyetik haberleşmenin kullanıldığı nano-ağ uygulamaları THz frekansının sahip olduğu geniş bant aralığı sayesinde multimedya uygulamaları için devrim niteliğinde yenilikler vadetmektedir. Bunların başında da saniyede terabitlik veri aktarımına olanak sağlaması gelmektedir. Ayrıca bu alandaki yenilikler sonucunda geliştirilen ultra yüksek çözünürlüklü görüntüleme yapmaya olanak sağlayan minyatür fotosel ve nano boyutlardaki akustik dönüştürücüler yakın gelecekte iletişim, haberleşme ve multimedya alanındaki uygulamaları kökünden değiştirecektir (Acharjya ve ark., 2017). Diğer yandan her geçen gün internete bağlanan cihaz sayısının giderek arttığı göz önünde bulundurulduğunda yakın gelecekte mevcut haberleşme alt yapısının yetersiz kalacağı bir gerçektir. Bu noktada THz frekansının, sahip olduğu yüksek veri aktarım kapasitesi sayesinde 6G teknolojisinin alt yapısını oluşturacağı

düşünülmektedir. Ayrıca havada ya da herhangi bir yüzey üzerinde yayılan nano-aygıtlar sayesinde ultra hassas algılama ve dokunma teknolojileri de geliştirilebilir. Tüm bunların sağlık sektöründen eğlence sektörüne kadar birçok alanı derinden etkilemesi beklenmektedir. Özellikle uzaktan ya da sanal eğitim ve iş süreçleri için sanal/artırılmış gerçeklik ve hologram teknolojileri ile birleştirilecek hibrit IoNT uygulamaları pratik gerektiren eğitim ve iş süreçleri için bambaşka bir deneyim sunacaktır.

3.4. Askeri ve Güvenlik Amaçlı Uygulamalar

Günümüzde birçok ülkenin biyolojik ve kimyasal silahlar geliştirdiği bilinmektedir. Olası bir savaş durumunda bu silahların kullanılması geri döndürülemez sonuçlar doğurabilir. Bu noktada, nano-aygıtlar belli bir bölgedeki zararlı biyolojik ve kimyasal bileşenlerin tespit edilmesi için kullanılabilirler. Bu bileşenlerin tespiti amacıyla kullanılan oldukça gelişmiş cihazlar mevcut olsa da nano-aygıtların en büyük avantajı bu tip yapı ve bileşenlerin varlığını atomik ve moleküler düzeyde bile tespit edebiliyor olmalarıdır. Benzer şekilde, nano-aygıtlar herhangi bir gözetleme veya radar sistemi tarafından tespit edilmeden, savaş alanlarında bilgi toplamak için de oldukça uygundur (Akyıldız ve ark., 2008). Şekil 3 (a)'da örnek bir uygulama verilmiştir. Burada amaç, nano-aygıtlar tarafından izinsiz bir girişimin tespit edilmesi durumunda kendisine en yakın erişim noktası (EN) üzerinden kontrol merkezinin uyarılarak insansız hava araçları tarafından gerekli yaptırımların uygulanmasını sağlamaktır. Bu sayede yasaklı bölgelerdeki denetim ve güvenlik sistemleri yarı ya da tamamen otonom hale getirilebilir. Dahası nano-aygıtlar toprak altındaki ya da üzerindeki çeşitli patlayıcıların tespit ve imha edilmesi çalışmalarında da kullanılabilirler.

Nanoteknoloji devrimi, tıpkı diğer alanlarda olduğu gibi askeri donanım ve ekipmanları da etkilemektedir. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak nano-aygıtların su geçirmeyen, renk değiştiren ve askerlerin hayati değerlerinin anlık olarak gözlemlenmesini sağlayan kamuflaj/üniformalardan, kendi kendini onaran çadır ve tulumla kadar farklı birçok ekipmanın geliştirilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir (Jarmakiewicz ve ark., 2016). Diğer yandan nano-aygıtlar askeri ekipmanlardaki, mevcut radar sistemleriyle tespit edilemeyen hasarların tespit edilmesi için de kullanılabilir (Acharjya ve ark., 2017).



Şekil 3: IoNT Uygulamaları a) Askeri Nano-Ağ Uygulaması b) Çevresel Nano-Ağ Uygulaması

3.5. Çevresel Uygulamalar

İnsan yaşamını olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında çevre ve hava kirliliği gelmektedir. Çevre ve hava koşullarındaki bu olumsuz durumlar iklim değişikliklerine ve ekosistem bozukluklarına neden olmaktadır. Bu doğrultuda nano-aygıtlar

çevre ve hava kalitesini anlık olarak ölçmek amacıyla kullanılabilirler (Rafae ve ark., 2019). Şekil 3 (b)'de hava kirliliğinin tespit edilmesine yönelik örnek bir uygulama verilmiştir. Burada, bitki, hayvan ve araçlar üzerindeki nano-duyargalar tarafından elde edilen değerler, ortamdaki herhangi bir nesne üzerinde bulunan nano-yönlendiriciler tarafından

toplanaarak, en yakın nano-arayüz üzerinden veri merkezlerine aktarılır. Dahası bu yapı sayesinde ortam şartları kabul edilebilir asgari şartlardan daha kötü bir duruma geldiğinde merkezi kontrol sistemi uyarılarak gerekli tedbirlerin alınması sağlanabilir.

İklim değişikliğinin ve ekosistem bozukluklarının en önemli nedenlerinden birisi de geleneksel tarım faaliyetlerindeki gibi bilinçsiz gübreleme ve tarım ilacı kullanımıdır (Maksimović ve ark., 2019). Buna göre nano-ağ uygulamaları vasıtasıyla gübre, tarım ilacı ve suyun bilinçli kullanımı çevre ve hava kirliliğini de azaltacaktır. Dahası çevre ve hava kalitesini arttırmak için havanın içerisinde bulunan zararlı bileşenleri ortadan kaldıracak çeşitli nano-ağ uygulamaları da geliştirilebilir. Diğer yandan yoğunluğun çok fazla olduğu lokasyonlara yerleştirilecek nano-aygıtlarla ortamın kalitesine ait veriler anlık olarak toplanabilir, toplanan bu veriler de kalabalık ortamlardaki viral virüslerin varlığını ve nasıl yayıldığını tespit etmek için kullanılabilirler.

Günümüzde hava kirliliği, ekosistemdeki bozulmalar ve doğal yaşam alanlarının tahribatı gibi nedenlerden dolayı birçok canlının nesli tükenme tehlikesi altındadır. Bu bağlamda nano-ağ yapıları, canlıların üreme ve çeşitliliğini kontrol altında tutmak amacıyla da kullanılabilirler. Örneğin çoğu hayvanın kendi aralarında haberleşmek için kullandıkları feromonlar nano-aygıtlar tarafından denetlenerek, ilgili canlının davranışları kontrol altına alınabilir. Ayrıca nano-aygıtlar çöp arıtma ve geri dönüşüm süreçlerinde biyo-bozunmayı destekleyici ya da hızlandırıcı yapılar olarak da kullanılabilir.

4.Sonuç

Nano-ağ uygulamalarında genellikle elektromanyetik ve moleküler olmak üzere iki farklı haberleşme tipi kullanılmaktadır. Moleküler haberleşme biyo-uyumluluk ve özellikle vücut içi ortamlardaki uygulanabilirliği nedeniyle elektromanyetik haberleşmeye göre daha avantajlı olsa da bilginin özel moleküller üzerine kodlanarak gönderildiği bu haberleşme tipinde alıcı ve gönderici taraftaki bu kodlama, kod çözme işlemlerinin nasıl yapılacağı ve bu özel moleküllerin yoğunluğunun neye göre belirleneceği halen araştırılan konulardır. Dahası kullanılan bu özel moleküllerin ortamdaki organ ya da biyolojik yapıları etkileyip etkilemeyeceği de başka bir araştırma konusudur. Elektromanyetik haberleşmenin kullanıldığı nano-ağ uygulamalarında ise ortamdaki moleküllerin titreşmesine bağlı olarak yol kaybının yüksek olmasından dolayı nano-aygıtların iletim mesafesi oldukça sınırlıdır. Dahası elektromanyetik haberleşmede ortamdaki moleküllerin titreşmesi sonucu ortaya çıkan kinetik enerji ortamdaki ısının artmasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar termal gürültü olarak adlandırılan bu durumun tehlikeli boyutlara ulaşacak kadar yüksek olmadığını gösterse de bu durumun vücut içi uygulamalar için tehdit oluşturup oluşturmayacağı halen araştırılan konular arasındadır. Diğer yandan nano-ağ uygulamaları seçilen haberleşme tipine bağlı olarak yeni kanal modellerine ve anten teknolojilerine de gereksinim duymaktadırlar. Ayrıca binlerce nano-aygıttan meydana gelen bu ağ yapısında, çakışmaların önlenmesi adına yeni kanal erişim mekanizmalarına, bilginin bir noktadan başka bir noktaya başarılı bir şekilde aktarılması içinse yeni yönlendirme protokollerine ihtiyaç vardır.

Her ne kadar günümüzde nano-ağ teknolojileri hali hazırda çözümlenmesi gereken önemli problemlere sahip olsa da sunduğu ve

vadettiği uygulamalar dikkate alındığında bir teknoloji devrimi olarak kabul görmektedir. Dahası bu kavramın geleceğin internet ve haberleşme teknolojilerinin de alt yapısını oluşturacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak nanoteknolojinin mevcut ve potansiyel uygulamaları düşünüldüğünde IoNT'nin kısa bir süre içerisinde hayatımızın hemen hemen her noktasında karşımıza çıkacağı bir gerçektir. Bu bağlamda da gelecek birkaç yıl içerisinde mevcut problemlerin çözümüne yönelik gerek akademik gerekse ticari çalışmaların hız kazanması beklenmektedir.

Kaynakça

- Acharjya, D. P., Geetha, M. K., & Sanyal, S. (Eds.). (2017). *Internet of things: novel advances and envisioned applications*. Springer International Publishing.
- Akyildiz, I. F., Brunetti, F., & Blázquez, C. (2008). Nanonetworks: A new communication paradigm. *Computer Networks*, 52(12), 2260-2279.
- Akyildiz, I. F., & Jornet, J. M. (2010). The internet of nano-things. *IEEE Wireless Communications*, 17(6), 58-63.
- Antonacci, A., Arduini, F., Moscone, D., Palleschi, G., & Scognamiglio, V. (2018). Nanostructured (bio) sensors for smart agriculture. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 98, 95-103.
- Balasubramaniam, S., & Kangasharju, J. (2012). Realizing the internet of nano things: challenges, solutions, and applications. *Computer*, 46(2), 62-68.
- Jarmakiewicz, J., Parobczak, K., & Maślanka, K. (2016). On the internet of nano things in healthcare network. *Proceedings of the 2016 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*, (1-6).
- Maksimović, M., Omanović-Miklićanin, E., & Badnjević, A. (2019). *Nanofood and internet of nano things*. Springer International Publishing.
- Meena, N., Sahni, Y., Thakur, D., & Singh, R. (2018). Applications of nanotechnology in veterinary therapeutics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 167-175.
- Rafae, H., Jamil, S. W., Aslam, M. I., & Ahmed, I. (2019). Internet of nano things: next step for future of nanotechnology. *Proceedings of the 4th International Electrical Engineering Conference (IEEC)*, (1-8).



Test Experiment Design for IMU-Based Angle Measurement Systems

Levent Yavan¹, Cengiz Tepe^{2*}

¹ Ondokuz Mayıs University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Department, Samsun, Turkey (ORCID: 0000-0003-3331-7728), leventyavan@gmail.com

^{2*} Ondokuz Mayıs University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Department, Samsun, Turkey (ORCID: 0000-0003-4065-5207), ctepe@omu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.955145)

ATIF/REFERENCE: Yavan, L. & Tepe, C. (2021). Test Experiment Design for IMU-Based Angle Measurement Systems. *European Journal of Science and Technology*, (26), 180-184.

Abstract

Inertial Measurement Unit (IMU) sensors are used in many applications that include aviation, vehicle systems, unmanned aircraft, indoor navigation, health, and robotic systems. An IMU consists of accelerometers and gyroscope sensors combined in a single module. However, the accelerometer or gyroscope alone cannot produce reliable data, and so the outputs are combined to determine accurate data for measurements such as direction, velocity, angular velocity and position.

The data collected from IMU sensors may differ due to measurement errors, calibration issues, and errors due to ambient noise. Small errors in IMU sensors can cause large deviations in applications. There is no clear distinction between the performance and area of use of commercially available sensors. Therefore, when selecting a sensor, the requirements for performance should be determined for the area of use and chosen accordingly.

This study investigates the performance of three IMU sensors that have no specific application area and are in common use. An experimental setup was designed and implemented to test the accuracy of the acceleration and gyroscopic information obtained from the IMU sensors. The test apparatus consists of IMU sensor, encoder, stepper motor and Raspberry Pi. The stepper motor and encoder are connected to a shaft, and the IMU sensor is mounted on a rotating moving mechanism. The apparatus is controlled by a Raspberry Pi. The Python programming language has been used for the control software. The apparatus provides rotation of a desired angle and velocity. Acceleration and gyroscopic data received from the IMU sensor are drawn in real time. All sensors were first calibrated and then data were taken. The performance of the sensors was compared using the angular values around the x-axis. The test setup was rotated at a certain angle in the x-axis using a stepper motor. The gyroscopic data on the x-axis for each IMU sensor were then read and processed through a Kalman filter. The accuracy of the IMU sensors was determined with reference to the encoder data.

Keywords: IMU, KalmanFilter, Python, PyQt5, RaspberryPi, StepMotor, Encoder.

IMU Tabanlı Açık Ölçüm Sistemleri için Test Deney Düzenegi Tasarımı

Öz

Atalet Ölçüm Birimi (IMU) sensörleri, havacılık, araç sistemleri, insansız hava araçları, iç mekan navigasyon, sağlık ve robotik sistemleri içeren birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bir IMU tek bir modüle birleştirilmiş ivmeölçerler ve jiroskop sensörlerinden oluşur. Ancak, ivmeölçer veya jiroskop tek başına güvenilir veriler üretmez ve bu nedenle çıkışlar yön, hız, açısal hız ve konum gibi ölçümler için doğru verileri belirlemek üzere birleştirilir.

IMU sensörlerinden toplanan veriler, ölçüm hataları, kalibrasyon sorunları ve ortam gürültüsünden kaynaklanan hatalar nedeniyle farklılık gösterebilir. IMU sensörlerindeki küçük hatalar, uygulamalarda büyük sapmalara neden olabilir. Piyasada bulunan sensörlerin performansı ve kullanım alanı arasında net bir ayırım yoktur. Bu nedenle sensör seçimi yapılırken kullanım alanı için performans gereksinimleri belirlenmeli ve buna göre seçilmelidir.

* Corresponding Author: ctepe@omu.edu.tr

Bu çalışma, belirli bir uygulama alanı olmayan ve genel kullanımda olan üç IMU sensörünün performansını karşılaştırılmıştır. IMU sensörlerinden elde edilen ivme ve jiroskopik bilgilerin doğruluğunu test etmek için bir deney düzeneği tasarlanmış ve uygulanmıştır. Test aparatı IMU sensörü, enkoder, step motor ve Raspberry Pi'den oluşmaktadır. Step motor ve enkoder bir mile bağlanmış ve IMU sensörü dönen bir hareketli mekanizma üzerine monte edilmiştir. Deney düzeneği Raspberry Pi tarafından kontrol edilmektedir. Kontrol yazılımı için Python programlama dili kullanılmıştır. Deney düzeneği istenilen açıda ve hızda döndürülebilir. IMU sensöründen alınan ivme ve jiroskopik veriler gerçek zamanlı olarak grafik olarak çizdirilmektedir. Karşılaştırılan sensörler önce kalibre edilmiş ve ardından veriler alınmıştır. Sensörlerin performansı, x eksenine etrafındaki açısal değerler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Test düzeneği, bir step motor kullanılarak x ekseninde belirli bir açıyla döndürülmüştür. Her IMU sensörü için x eksenine üzerindeki ivme ve jiroskopik veriler okunmuş ve Kalman filtresi aracılığıyla işlenmiştir. IMU sensörlerinin doğruluğu, enkoder verileri referans alınarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: IMU, Kalman Filtresi, Python, PyQt5, RaspberryPi, Step Motor, Enkoder.

1. Introduction

An inertial measurement unit (IMU) contains accelerometer and gyroscope sensors that can be used to determine the velocity, angular velocity, acceleration and displacement of objects. The IMU has 6 degrees of freedom given by the acceleration and gyroscope values in 3 axes.

Accelerometers measure linear acceleration of an object. This includes the force of gravity on the sensor, which can be used to determine the posture of the object. For example, Bakhshi et al. observed used IMU sensors placed on the joints of the human body to determine the angle of joints in patients during activities (Bakhshi, Mahoor, & Davidson, 2011). Abhayasinghe et al. used IMU sensors placed on the thigh bone for indoor pedestrian monitoring to recognize the activity of people and determined moments of walking, sitting and standing (Abhayasinghe & Murray, 2014). Chang et al. used IMU sensors to measure the posture of the human finger (Chang, Cheng, & Chang, 2016).

IMU sensor data can be used to determine position and speed. Yuan and Chen use the IMU sensors in a wearable system to determine the position and speed of people doing sports (Yuan & Chen, 2014). As GPS does not work indoors, it has become very popular to use accelerometers and gyroscopes in location detection. Aydın and Erkmen used acceleration and gyroscope values to determine the speed and position of a person moving in a closed environment (Aydın & Erkmen, 2019).

IMU sensors are used in the inertial navigation systems of aircraft to determine the angular changes and to ensure the stability of the flight. Loianno et al. used an IMU sensor and a camera to control a quadrotor through obstacles in a confined space (Loianno, Brunner, McGrath, & Kumar, 2016). IMU sensors are increasingly being used in balance robots. In their study, Çelik and Güneş built a robot that could move in balance on two wheels and recognize objects using a camera (Celik & Güneş, 2018).

Acceleration and gyroscope data include a number of errors caused by the sensor and the external environment that include sensor-induced bias (deviation) and scaling factor error, and external electrical noise. There are issues that should be considered in the selection of a sensor to minimize the effect of these errors in an application. Aspects to consider also include if the outputs are analog or digital, the number of axes, sensitivity, bandwidth, and measurement full-scale range. The data read from the data register of a digital sensor are binary, and must be translated to g or m/sec² for acceleration and %s for gyroscopic data (Jefiza, Pramunanto, Boedinoegroho, & Purnomo, 2017).

Today, IMU sensors are used in many areas and the accuracy of these sensors is of great importance. In this study, an experimental setup was designed to determine the angular change values calculated from the acceleration and gyroscopic data of sensors with the same characteristics from three manufacturers. The accuracy of the angular change values of the sensors was determined using the mean square error (MSE) criteria.

2. Material and Method

This section discusses the experimental design and data acquisition.

2.1. The Experimental Setup

The design and implementation of the experimental setup for this study is given in Figure 1 and Figure 2.



Figure-1 Experimental Setup CAD Design

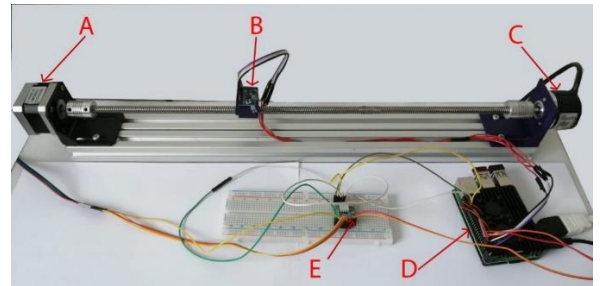


Figure-2 Experimental Setup: A-Stepper Motor, B-IMU Sensor, C-Encoder, D-Raspberry Pi, E-Stepper Motor Driver

The electrical connection diagram for the experimental setup is given in Figure 3, with the connection pin numbers of the Raspberry Pi given in Table 1.

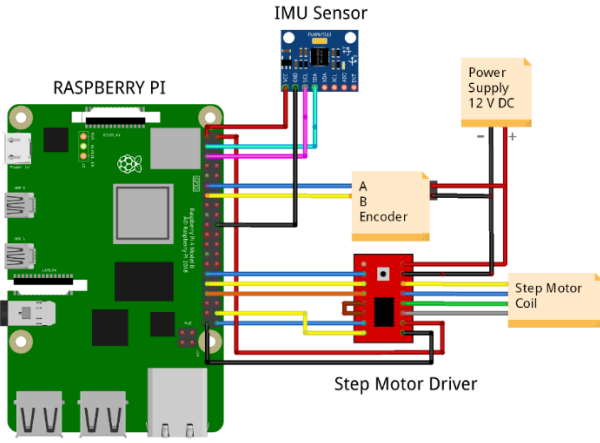


Figure-3 Electrical Connection Diagram for Experimental Setup

Table 1. Raspberry Pi Connection Pin Number

Pin Number	Connection Name
GPI02(SDA)	IMU Sensor SDA
GPI03(SCL)	IMU Sensor SCL
GPI017	Encoder A Channel
GPI027	Encoder B Channel
GPI020	Stepper Motor Driver DIR
GPI021	Stepper Motor Driver STEP
GPI005	Stepper Motor Driver MS1
GPI006	Stepper Motor Driver MS2
GPI013	Stepper Motor Driver MS3
3.3 V	IMU Sensor VDD
5V	Stepper Motor Driver VDD

A Raspberry Pi 4 was chosen as the platform for reading IMU sensor data, display the data on the real time screen and controlling the test setup. The Raspberry Pi can multitask, communicate with electronic equipment and sensors through its input and output pins, and supports many communication protocols and programming languages. The Python programming language was used in this setup to read data from IMU accelerometer and gyroscope sensors using the PyQt5.0 library.

The stepper motor used rotates 1.8° deg per step (MotionKing, 2014) and is driven by a stepper motor driver (Sorotec, 2018). To obtain more accurate values from the IMU sensor, the stepper motor driver is set to complete one complete revolution in 6400 steps in microstep mode. The stepper motor was mounted with a mechanical damper to minimize transmission of mechanical vibrations. An encoder that produces 1024 pulses per revolution (Autonics, 2021) was used to determine the accurate position of the shaft and used as reference angle.

The sensors used in this study were selected from general purpose commercial products that are not intended for a specific application area. The IMU sensors were selected to have the same characteristics including; degrees of freedom, resolution, full-scale range, and acceleration and gyroscopic measurement intervals. Each sensor provided I2C as communication protocol. The characteristics of the selected IMU sensors are given in Table 2.

2.2. Data Acquisition from IMU Sensors

Each sensor was calibrated for offset and gravity before experimental data was taken. The sensor was placed stationary on a flat surface and the acceleration and gyroscopic data in the x, y, and z axes read 1000 times and averaged. The averaged data were added later during testing. The accelerometer and gyroscopic measurement ranges of the sensors were set to the same full-scale range of ± 2 g for acceleration and ± 250 °/s for the gyroscope. In all tests, the stepper motor rotates through an angle of 72°. As the shaft is rotated through this angle, the angle information, encoder information, and data from the x axis of the IMU sensor were read and recorded.

While determining the rotation angle on the x axis, the acceleration values read from the axes and the gyro data read on the x axis were obtained by fusing with the kalman filter. The Kalman filter predicts the next state of the system from the input and output data of a system and minimizes the system status update and measurement errors (Gui, Tang, & Mukhopadhyay, 2015). Figure 4 shows the raw and Kalman filtered IMU data.

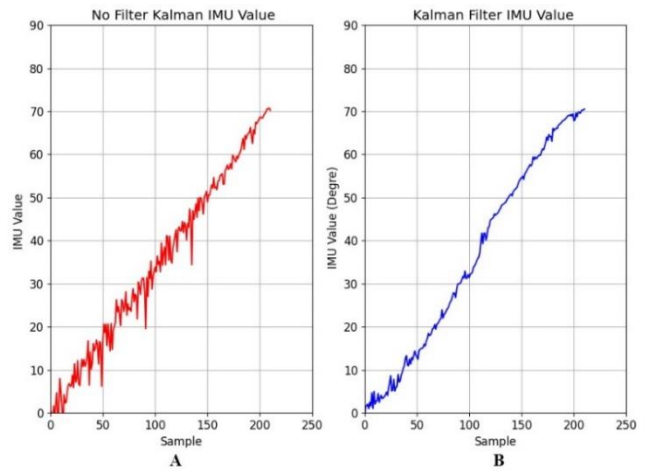


Figure-4 IMU Data. A) Raw Data B) Filtered Data

A graphical interface was created to; control the experiment, read and save the data, and display the acceleration values in the x, y, z axes in terms of g force and the gyroscopic values read in three axes in degrees / second. These data are updated every 10 ms. The angular change values of the IMU sensor mounted on the experimental setup in the x-axis depend on the angular movement of the stepper motor and are determined by passing the acceleration and gyroscopic data through the Kalman filter. At the same time, angular change values are determined from the encoder. These values are plotted and recorded in real time in the interface as shown in Figure 5.

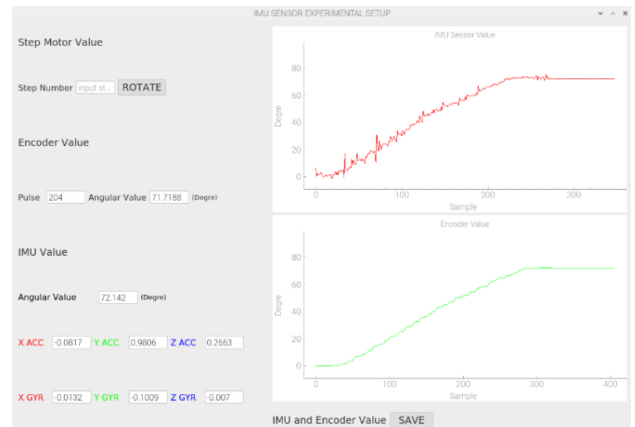


Figure -5 Experiment Setup User Interface

Table 2. Properties of IMU Sensors

IMU Sensor	Operating Voltage	Gyroscope Full-Scale Range (°/s)	Acceleration Full-Scale Range (g)	Communication	Data Out
S1	3 - 5 V	±250, 500, 1000, 2000	±2,4,8,16	I2C	16 Bit
S2	3.2 - 6 V	±125, 250, 500, 1000, 2000	±2,4,6,8	I2C	16 Bit
S3	3 - 5 V	±250,500, 1000, 2000	±2,4,6,8	I2C,SPI	16 Bit

3. Results and Discussion

The angle information taken from the IMU sensors and encoder are shown in Figure 6 after the calibration settings have been applied to the sensor data.

In order to test the accuracy of the angle values taken from these three IMU sensors, the angle values taken from the encoder were used as reference. The Mean Square Error (MSE) criterion (Equation 1) was used to compare the accuracy of the data from the sensors. Individual sample errors from the sensors are shown in Figure 7. The MSE values of these three sensors were S1 = 1.2363, S2 = 6.4147 and S3 = 1.0848, indicating S3 gave the most accurate result, followed by S1 and S2.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Where $y_i =$ Encoder angle value $\hat{y}_i =$ The IMU sensor angle data.

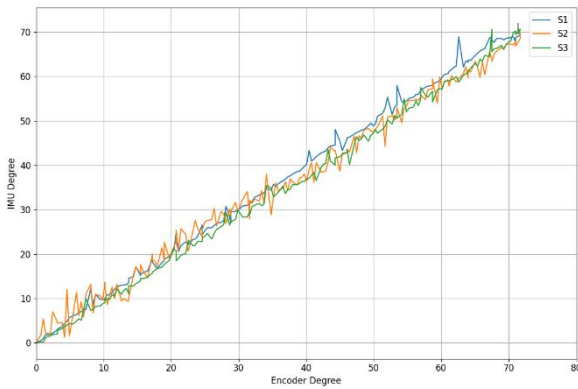


Figure -6 Angle Values of IMU Sensors and Encoder

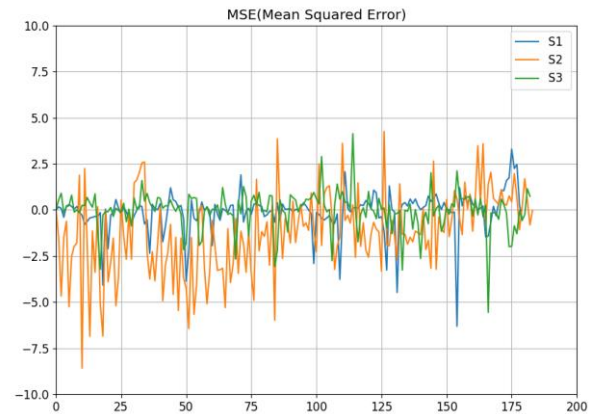


Figure -7 Error Values of IMU Sensors

4. Conclusions and Recommendations

This study determines the accuracy of the angular change from the acceleration and gyroscopic data obtained from the IMU sensors measured on a purpose test setup. Most manufacturers do not provide clear information to the end user regarding measurement errors of IMU sensors. Therefore, problems may be encountered in terms of price / performance when selecting sensors for use in applications. This study has shown that comparable IMU sensors may have significantly different levels of measurement error. In the sensors selected in this study, S3 and S1 had comparable accuracy, with S2 worse.

In future studies, it is aimed to design an open source smart glove that records the position and speed of the five fingers of the hand in real time using IMU sensors. This IMU test will be used in the selection of the most suitable sensor to be used in smart glove design with the experiment setup. In addition, the interface used in this study is planned to be developed and used as the interface of this smart glove.

References

Abhayasinghe, N., & Murray, I. (2014). *Human gait phase recognition based on thigh movement computed using IMUs*. Paper presented at the 2014 IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP).

Autonics. (2021). Retrieved from https://www.autoniconline.com/product/product&product_id=10531

Aydin, H., & Erkmen, B. (2019). KAPALI ALAN YAYA KONUMLANDIRMA SİSTEMİ. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 337-344.

- Bakhshi, S., Mahoor, M. H., & Davidson, B. S. (2011). *Development of a body joint angle measurement system using IMU sensors*. Paper presented at the 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
- Celik, Y., & Güneş, M. (2018). Designing an Object Tracker Self-Balancing Robot. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 124-133.
- Chang, H.-T. T., Cheng, L.-W. A., & Chang, J.-Y. J. (2016). *Development of IMU-based angle measurement system for finger rehabilitation*. Paper presented at the 2016 23rd International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP).
- Gui, P., Tang, L., & Mukhopadhyay, S. (2015). *MEMS based IMU for tilting measurement: Comparison of complementary and kalman filter based data fusion*. Paper presented at the 2015 IEEE 10th conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA).
- Jefiza, A., Pramunanto, E., Boedinoegroho, H., & Purnomo, M. H. (2017). *Fall detection based on accelerometer and gyroscope using back propagation*. Paper presented at the 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI).
- Loianno, G., Brunner, C., McGrath, G., & Kumar, V. (2016). Estimation, control, and planning for aggressive flight with a small quadrotor with a single camera and IMU. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(2), 404-411.
- MotionKing. (2014). Retrieved from <https://datasheetspdf.com/pdf/928656/MotionKing/17HS3401/1>
- Sorotec. (2018). Retrieved from https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/TB6600_data_sheet.pdf
- Yuan, Q., & Chen, I.-M. (2014). Localization and velocity tracking of human via 3 IMU sensors. *Sensors and Actuators A: Physical*, 212, 25-33.
- Zhou, L., Fischer, E., Tunca, C., Brahms, C. M., Ersoy, C., Granacher, U., & Arnrich, B. (2020). How we found our IMU: Guidelines to IMU selection and a comparison of seven IMUs for pervasive healthcare applications. *Sensors*, 20(15), 4090.



Indoor Navigation with Visible Light Communication using Genetic Algorithm

Emre Gözüaçık^{1*}, Mustafa Altıok², Levent Gökrem³

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2807-8187)

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

³ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2101-5378)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952155)

ATIF/REFERENCE: Gözüaçık, E., Altıok, M. & Gökrem, L. (2021). Indoor Navigation with Visible Light Communication using Genetic Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (26), 185-190.

Abstract

Today, people prefer supermarkets where they can meet all their needs today for their daily needs. People prefer large markets where they can meet all their needs today for their daily needs. These markets, which have a lot of product capacity, mean more waste of time for the consumer. In such indoor and large areas, it is necessary to plan a route to prevent loss of time. In this study, location determination process was made with visible light communication (VLC) in closed areas and the most suitable route was determined by using Genetic Algorithm (GA) with these locations. It is thought that wireless communication resources will not be sufficient in the future due to the density. VLC systems, developed to solve this problem, are a communication system that uses the light source for data transmission. It has been seen in related studies that this system is quite successful in terms of speed, reliability and energy efficiency. VLC systems basically use a transmitter, receiver and microcontroller for their control. In this study, LED light source, TEMP6000 phototransistor-light sensor and ATMEGA328P (Arduino) are used. Due to its very fast on and off feature, the data sent from the LED light source, is detected by the light sensor TEMP6000. After that, it was modulated using On-Off Keying (OOK). In addition to data transmission, VLC systems, which can be used to determine location especially in indoor areas, can also be used for indoor navigation. Also in this study, indoor positioning is designed on the basis of a market application with VLC. The location data was obtained according to the signal strength, which was transferred from the receiver to Matlab. The operation of the system has been tested on the basis of light sources, products under these sources and the shortest path to the products selected by the user. The shortest distance between the stops selected for this navigation process was found by the Floyd-Warshall algorithm. The shortest path was determined by using a GA for the stops with known distance between them, as in the Traveling Salesman Problem (TSP). In this way, the customer will be able to minimize the time and energy consumed in the market.

Keywords: Visible Light Communication (VLC), Indoor Positioning Systems (IPS), Traveling Salesman Problem, Genetic Algorithm (GA).

Genetik Algoritma Kullanarak Görünür Işık Haberleşmesiyle İç Mekân Navigasyonu

Öz

İnsanlar günlük ihtiyaçları için günümüzde her türlü ihtiyacını karşılayabileceği büyük marketleri tercih etmektedir. Çok fazla ürün kapasitesine sahip bu marketler, tüketici için gereğinden fazla zaman kaybı anlamına gelmektedir. Bunun gibi kapalı ve büyük alanlarda zaman kaybını önlemek için bir rota planlaması gerekmektedir. Bu çalışmada da kapalı alanlarda görünür ışık haberleşmesi (VLC) ile konum belirleme işlemi yapılmış ve bu konumlar üzerinden genetik algoritma kullanılarak en uygun güzergah belirlenmiştir. Kablosuz haberleşme kaynaklarının yoğunluktan dolayı gelecekte yeterli olmayacağı düşünülmektedir. Buna çözüm amacıyla geliştirilen VLC sistemleri, ışık kaynağını veri iletimi için kullanan bir haberleşme sistemidir. Bu sistemin hız, güvenilirlik, enerji verimliliği gibi

* Corresponding Author: Tokat Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2807-8187, emre.gozuacik@gop.edu.tr

açılardan oldukça başarılı olduğu ilgili araştırmalarda görülmüştür. VLC sistemlerinde temel olarak verici, alıcı ve bunların kontrolü için bir mikrodenetleyici kullanılmaktadır. Bu çalışmada LED ışık kaynağı, TEMP6000 fototransistör-ışık sensörü ve ATMEGA328P (Arduino) kullanılmıştır. Çok hızlı açılıp kapanma özelliği sayesinde LED ışık kaynağından gönderilen veri, ışık sensörü TEMP6000 ile algılanmaktadır. Ardından Aç-Kapa Anahtarlama (OOK) kullanılarak modüle edilmiştir. Veri iletiminin yanısıra özellikle kapalı alanlarda konum belirlemek amacıyla kullanılabilen VLC sistemleri iç mekan navigasyonu için de kullanılabilir. Bu çalışmada da, bir market uygulaması temelinde VLC ile kapalı alan konumlandırılması tasarlanmıştır. Alıcıdan alınan veriler Matlab üzerine aktarılmış sinyal gücüne göre konum verisi elde edilmiştir. Sistemin çalışması ışık kaynakları, bu kaynaklar altındaki ürünler ve kullanıcının seçeceği ürünlere giden en kısa yol temelinde denlenmiştir. Bu navigasyon işlemi için seçilmiş duraklar arasındaki en kısa mesafe Floyd-Warshall algoritması ile bulunmuştur. Aralarındaki mesafe bilinen duraklar için Gezin Satıcı Problemi'nde olduğu gibi genetik algoritma kullanılarak en kısa güzergah belirlenmiştir. Bu sayede müşteri markette geçireceği zamanı ve tüketeceği enerjiyi minimuma indirebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Görünür Işık Haberleşmesi, Kapalı Alanda Konumlandırma Sistemleri, Gezin Satıcı Problemi, Genetik Algoritma.

1. Introduction

Today, with the increasing use of wireless communication systems, radio frequency (RF) bands are filling up rapidly. This increase is expected to limit the use of wireless communication systems in the future. Therefore, alternative communication systems are being developed. One of these systems is VLC that transmit data through light. VLC systems have been developed as an alternative to wireless communication tools such as Wi-fi, bluetooth, zigbee, and RF. Due to the light visible to the human eye so it has taken the name of visible light communication and having an electromagnetic spectrum wavelength between 375-780 nm (Gözüaçık & Gökrem, 2020).

Light emitting diodes such as LED and laser are used as transmitters in VLC systems (Ghassemlooy et al, 2017). Thanks to LED light sources, VLC systems are becoming more usable. Ensuring the flow of data by switching the light source on and off very quickly, highlights the importance of the light source. Since LED sources have an on-off speed of more than 20 MHz, can produce light in different colors and are cheap light sources, they are suitable for the use of VLC systems. In these systems, besides semiconductors such as phototransistor and photodiode, cameras can also be used as receivers (Luo et al, 2017; Ertuna, 2016). In addition, the receiver source have a higher operating frequency from the light source because it is necessary to detect the on-off information of light.

The suitability of a light source for VLC systems depends on the flicker specified in IEEE 802.15.7 standards to be faster than 200 Hz (<5ms). Although the speed of the data transmitted meets this, the '1' and '0' data that can come in succession may create a flicker effect. In this case, human health may be adversely affected. Data encoding methods (RLL, Manchester Code, etc.) are used to prevent flicker effect (Khan, 2017; Ghassemlooy et al, 2017). In order to detect the data generated by data coding methods, the modulation of the signal is provided by using carrier signals. Due to the modulation methods (OOK, Pulse Modulation, OFDM, Color Shift-CSK modulation, etc.), the transmission and perception of data is easier (Ertürk, 2019; Uzun, 2019).

Methods that can be used with other communication systems to determine location in indoor, can often be used for VLC systems (Gözüaçık & Gökrem, 2020). These methods (RSS, ToA, TDoA, AoA) give the position relationship between the receiver and the transmitter according to the received signal strength, signal arrival time, signal arrival time difference for more than one transmitter and signal arrival angle, respectively (Doughangi, 2017).

Location determination in indoor is used with wireless communication systems. Infsoft Company (2016) explained in its electronic book that the location determination process can be

used in many areas such as airports, shopping malls, stations, hotels and factories. In addition, the features of systems used for these operations such as GPS, Wi-fi, bluetooth and VLC are given. The company has classified VLC systems according to where they are used. The advantages of light sources such as being suitable and widespread for buildings, energy saving, not disturbing or excessive cost of modern LED sources have been explained. In addition, disadvantages such as inflexible transmitter placement, special application requirement of the use of telephones as a receiver, and extra cost for buildings which light sources are stated.

Jerome et al. (2014), conducted a navigation study with 12 light source experimental setups they designed for indoor spaces. 8 Bits of data were sent from each source. In this study, which they carried out with a single receiver, they received the starting position information and made the routing process.

Sharifi et al. (2016), designed a robot with automatic control in their study and performed the positioning process of this robot using VLC. The movement of the robot whose position is determined using the RSS method with LEDs that have different frequencies, is provided.

Lv et al. (2017), used two receivers in their experimental setup with three LEDs and placed one receiver closer to the light sources. It evaluated ToA, TdoA, AoA and RSS methods which are among the location determination methods in terms of accuracy, ease of use and cost. Although the AoA method gives more sensitive results, it was decided that the RSS method and TdoA method were more advantageous in terms of cost and ease of use. It was measured by the fingerprint method and compared the actual values. The result accuracy value has been developed from 10 cm to 4 cm with this study.

PHILIPS (2016), provides information about VLC and indoor position system with the electronic book published in 2016. In addition, it gives information about the market application and usage patterns of VLC systems with Carrefour (Lille / France) hypermarket example. Thanks to this application, it is stated that customers have advantages such as determining product location, directing them to opportunity products, easy shopping and saving time.

With the VLC system designed for the market, the traveling salesman problem arises. TSP aims to determine the shortest distance between neighboring points, nodes or stops, which has become a problem since the 1800's (Kaya, 2012). Various mathematical equations, optimization methods, artificial intelligence algorithms are used to solve this problem (Kaya, 2012; Altıok, 2016). One of these methods is GA.

The GA is a type of algorithm based on natural selection, which allows the best genes to move into the future and eliminates bad genes. It is frequently used in methods such as optimization,

classification, selection. GA is performed for initial population, selection, crossover and mutation operators depending on the fitness function (Altrok, 2016; Okur & Atlas, 2020). Since each generation is created from the most suitable individuals of the previous generation, the best inheritance is passed on to the last generation. Operators applied to generations vary to reach the best result quickly.

The operators used in the GA also have different methods among themselves. First of all, the encoding stage is related to the representation and coding of the gene or chromosomes. At this stage, methods such as binary, hexa, permutation, etc. encoding are used. Then random selections are made between populations by the selection operator which based on techniques such as roulette, tournament, boltzmann, etc. Selected genes now represent the parents ready to crossover. These parent chromosomes change their genes among themselves according to certain methods and new chromosomes are formed. After the crossing operation, the changes expected to preserve genetic diversity in future generations, are performed with the mutation operator. Although there are studies in which the mutation operator is not used, there are also algorithm studies whose success has been increased with the mutation rate. New generation chromosomes are controlled with fitness function (Katoch et al, 2021). The population created is returned to the system as the new population. Apart from these, some GA parameters directly affect the result quality. Among these parameters, crossover and mutation rates, represent the chromosome and gene ratio to be operated. The population size represents the number of chromosomes the population contains. Iteration refers to the number of generations that will be formed for natural selection (Hassanat et al, 2019).

Keskintürk et al. (2016) made an study regarding the duties and mapping out a route of aircraft belonging to the Turkish Air Force between 12 military base regions. In this study, parameters such as aircraft take-off times, landing times and waiting times are also evaluated. As a result, the aircraft that had to move between the bases were able to fulfill their duties in minimum cost and time with the GA.

Ellili et al. (2017) conducted a study on the use of GAs for the traveling salesman problem. Analyzes were added after the algorithm was created and ran on Matlab. The algorithm has been created so that commercial representatives can visit 24 cities in Tunisia depending on the shortest path.

Karayel et al. (2019) chose a reference area on the map and worked on creating the most appropriate route from the starting point to the target point. With a C # based interface, it is designed to add delay and error input depending on system specific conditions. A time-dependent and distance-dependent optimization study was carried out between 47 stops and a comparison was observed according to the mutation rate.

2. Material and Method

2.1. Visible Light Communication

VLC systems simply consist of a receiver, transmitter and processors that control them, just like other wireless communication systems. Unlike other wireless communication systems, it transmits data as visible light, not electromagnetic waves. In this way, it is possible to communicate with the light source in the areas where the lighting process is performed. By means of transmitter connected to the pin, digital data is converted to light. Light sensors detect the light coming from the source and digital data is analyzed with the processor (Windlin, 2016).

The light source used in VLC systems must have a structure that can quickly turn on and off. LEDs with this feature become advantageous as light sources. 1W Power LED was used as a transmitter, together with the IRFZ44N Mosfet circuit and a TEMP6000 Light Sensor-Phototransistor was used as a receiver. The 1W LED and TEMP6000 light sensor were controlled by Atmega328 (Arduino) (Gözüaçık & Gökrem, 2020; Gökrem et al, 2019; Durgun & Gökrem, 2020).

The data produced in the processor is transferred to digital pin as "1" and "0" binary code. These data are saved as 8-bit data. In order to perceive these data easily, start bit '0' has been added to the beginning of the data and stop bit '1' has been added to the end. The data becomes 20 Bit data by Manchester Coding to prevent flickering. Manchester coding helps to transfer data easily and without errors. At the same time, it eliminates the flickering effect that may occur in the light source (Khan, 2017). Basically, '0' bits in the data are changed to '10' and the '1' bits to '01'. The final data is sent to the LED as a digital signal to be transferred. 8-bit data was created, start and stop bits were added and manchester coding was applied to create the data to be transferred (Gözüaçık & Gökrem, 2020).

Thanks to the TEMP6000 phototransistor, the light emitted by the LED, is detected and applied to the Arduino analog input. Analog value becomes digital data consisting of "1" and "0" again with OOK (On-Off Keying) modulation. OOK modulation is a simple modulation technique that facilitates the transmission of the signal in communication systems. The digital data obtained takes its original form with Manchester decoding. With the detection of the start and stop bits, the information to be transferred begins to be read. In this way, data transfer in VLC systems is ensured.

2.2. Indoor Positioning and Navigation System

Wireless communication systems are also used for indoor positioning system. Signal used for data transmission, can detect the positions of the transmitter and receiver by methods such as arrival speed, arrival time or angle of arrival. In VLC systems, this signal is represented by light. Data transferred by the light source, is sent to Matlab to be used in determining location. Thanks to these data, the distance of the receiver under the LED to the transmitter is determined by RSS method. The RSS method, as used in other communication systems, is a method used for location determination and depends on signal strength. It has been observed that it has high power values near the center and decreases circularly towards the outside.

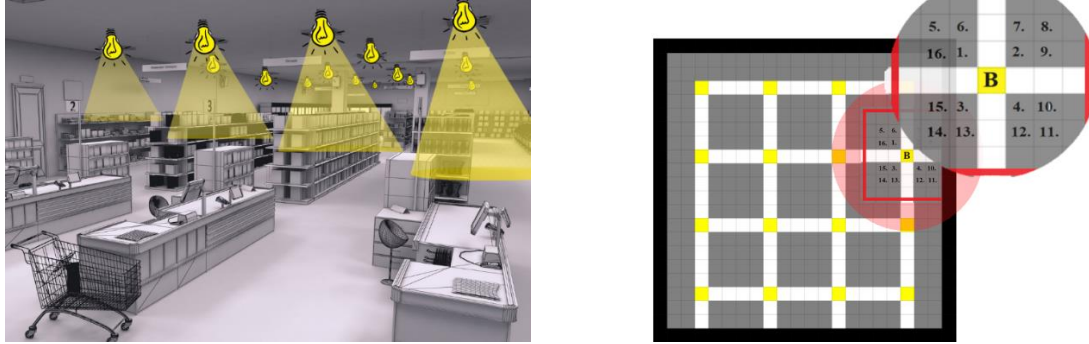


Figure 1. a) Market Light Sources, b) Matlab Demonstration

As a shown in Figure 1, to show that VLC systems can be used in daily life, an environment where light sources are placed, has been created on Matlab. This indoor area is considered as an example of a market. With this example, the position of the receiver under light sources and a selected route can be determined. Since the position of the the transmitters, i.e. light sources, will be fixed, the difference in distance between them has been determined. The shortest distance between two light sources was determined by the Floyd-Warshall algorithm and to map out a route. In this way, the user learns the shortest path from his current location to the desired location through light sources (Gözüaçık & Gökrem, 2020).

2.3. Travelling Salesman Problem and Genetic Algorithm

In this study, LED light sources represent the point, node or stop of the TSP. In the simulation made on Matlab, the distances between the light sources were determined. Then, the shortest distance between two points was determined using the Floyd-Warshall algorithm. The problem becomes more difficult as the number of nodes that have to visit between the starting and destination points increases. Genetic algorithm has been used to solve this problem.

First of all, permutation encoding is used to create populations and chromosomes. Permutation encoding is widely used in sequencing operations in an array, in TSP, and in work scheduling. It is simply that each point or node have a number value and these values make up the chromosome (Okur & Atlas, 2020; Hassanat 2019). Thanks to the Roulette Method, a roulette wheel is created from random numbers based on their cumulative sum. Based on this wheel and crossover rate, the parent chromosomes were chosen. This parent chromosomes are crossed each other according to the before and after of a random point. Then, depending on the mutation rate, two randomly selected genes were replaced between themselves and swap mutation operation was performed. It was observed that as the number of nodes increased, the processing speed increased and more unsuccessful results were obtained. Hassanat et al. (2016), compared several mutation operators in their study and observed that using of more than one mutation, increased the success of the algorithm. Therefore, in this study, the algorithm has been developed by using flip, swap and slide mutation operators together. Gene change of crossover and mutation operators, are shown in Figure 2 (Wang et al, 2018).

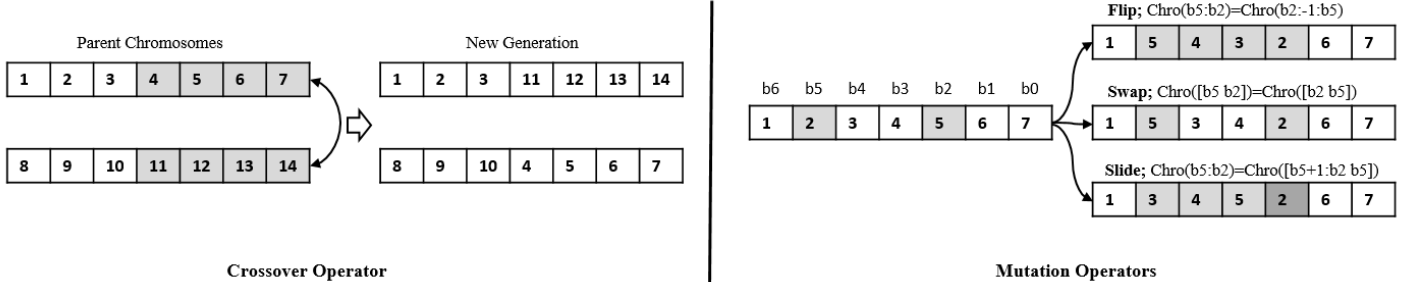


Figure 2 . Crossover and Mutation Operators for GA

3. Results and Discussion

The experiments of this study were carried out with 1W LEDs and TEMP6000 light sensor. Then measurements were made for RSS values. For a 15 cm high LED, the view of angle is approximately 60 degrees. Accordingly, in Equation (1), the RSS function was created by comparing the measured values and actual values. Thanks to this function, the horizontal distance of the receiver to the transmitter was measured with the RSS value (Gözüaçık & Gökrem, 2020).

$$F = 6.2345e-05 x^2 - 0.0746x + \quad (1)$$

LED placement and product labels around the LED for Matlab simulation are shown in Figure 1. 16 light source representations (this number can be increased or decreased) were added in the display. The shelves around the light sources are shown with the product labels they contain (Gözüaçık & Gökrem, 2020). Experimentally, a scenario like this has been realized; 1- the customer selects the desired products, 2- determines which light source the selected product labels are under, 3- the shortest distances between the target nodes, 4- the shortest path covering all nodes. Initially, this study was tested with a single mutation operator. When fewer nodes are preferred, the success rate reaches 100%. On routes with a high number of nodes, the processing speed has decreased considerably and the accuracy rate has fallen

below 86%. Multiple mutation operators have been used to reduce high processing speed and error rate. Then, Flip, swap and slide operators are used. In addition, thanks to these processes, more

hereditary features are tested and new generations are created more quickly. As a result, full success has been achieved in this simulation.

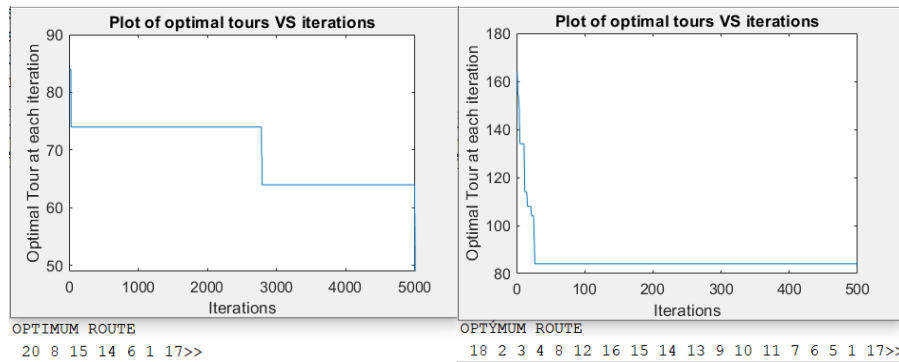


Figure 3. Optimal Route and Graph of Best Distance (left-one mutation, right-multi mutation)

In Figure 3, optimum routes graphs are shown according to iteration size. Exchange of the results by the number of mutation operators, were seen in these graphs.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, VLC systems and IPS systems are used in common. Data transfer was carried out wirelessly with VLC systems. The location of the receiver has been determined thanks to the light sources. The shortest distance between two light sources has been found. In samples with more than one light source, the shortest route was created thanks to GA. Selection, crossover, mutation operators and their uses are shown in this study. Information was given about the effect of mutation operators on the results. This system, which will allow the movements in closed areas to be completed in a shorter time, is explained with the market example. Thanks to this study, a user will be able to make a shopping in the market in a short time.

Our research offers a solution to a real-life problem. In order to realize the simulation and demo version, there is a need for a closed area with a lighting system compatible with VLC systems. In addition, the front camera of smartphones should be used as a receiver instead of a light sensor so that the user can use it comfortably. Hardware and software developments are required for these cameras and phones. It is estimated that it can be easily done with a phone application.

The methods described in this study, can be used in many other areas. In particular, an example of a market is given as a closed area. However, any indoor areas which have a light source, where people are can be viewed as some form of VLC infrastructure. These studies can be increased with examples such as museums, theaters, cinemas, work offices, personal homes, etc.

References

Altıok, M. (2016). Çöp Konteynerlerinden Atık Toplama İşleminde Meta-sezgisel Yöntemler Kullanılarak Optimum Güzergâh Tespiti [Determination Of The Optimal Route Using Meta-Heuristic Methods Of Garbage Containers In Garbage Collection Process], Master of Science, The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University, Department of Computer Engineering, Konya

Doughangi, H., (2017). Kapalı Alanda Konum Belirleme [Indoor Positioning System], Master of Science, İstanbul Commerce University, Graduate School of Applied and Natural Sciences Department of Computer Engineering, İstanbul-Turkey.

Durgun, M. & Gökrem, L. (2020). VLC4WoT : Visible Light Communication for Web of Things, KSII Transactions on Internet and Information Systems, 14(4), 1502-1519.DOI: 10.3837/tiis.2020.04.006

Ellili, W., Samet, M. & Kachouri, A. (2017). Traveling Salesman Problem of Optimization based on Genetic Algorithms, International Conference on Smart, Monitored and Controlled Cities (SM2C), 123-127.

Ertuna, A. D., (2016). Görünür Işık Haberleşme Sistem Tasarımı [Visible Light Communications and System Design], Master of Science, Yıldız Technical University Institute of Science, Department of Control and Automation Engineering, İstanbul-Turkey

Ertürk, S., (2019), Sayısal Haberleşme [Digital Communications], Birsen Publishing, Tokat-Turkey.

Ghassemlooy, Z., Alves, L. N., Zvanovec, S. & Khalighi, M.-A., (2017). Visible Light Communications Theory and Applications, Taylor and Francis Group, Boca Raton.

Gökrem, L., Durgun, M. & Durgun, Y. (2019). Indoor Location Control with Visible Light Communication, IEEE International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 314-316, doi: 10.1109/AIACT.2019.8847765.

Gözüaçık, E. & Gökrem, L. (2020). Görünür Işıqla Haberleşme ile Konum Belirleme [Visible Light Communication with Indoor Positioning], Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences , 11 , 23-35 .

Hassanat A., Alkafaween E, Alnawaiseh N., Abbadi M., Alkasassbeh M. & Alhasanat M.B. (2016). Enhancing genetic algorithms using multi mutations. PeerJ Preprints 4:e2187v1 <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.2187v1>

Hassanat, A., Almohammadi, K., Alkafaween, E., Abunawas, E., Hammouri, A. & Prasath, V. B. S. (2019). Choosing Mutation and Crossover Ratios for Genetic Algorithms—A Review with a New Dynamic Approach. Information, 10(12), 390. doi:10.3390/info10120390

Infsoft, (2016). Indoor Positioning and Navigation. Großmehring.

- Jerome, K., Tony, V. & Dhanaraj, V. R., (2014). Indoor Navigation Using Visible Light Communication, Texas Instruments India Educators' Conference, 46-52.
- Karayel, M., Çelik, E. & Yücedağ, İ. (2019), Genetik Algoritma Tabanlı İki Nokta Arasında En Kısa Yol Bulma, III. International Scientific and Vocational Studies Congress, 376-385.
- Katoch, S., Chauhan, S.S. & Kumar (2021). A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimed Tools Applications*, 80, 8091–8126. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>
- Kaya, İ. (2012). Genetik Algoritmaların Optimal Güzergah Belirlenmesine Uygulanması [Optimal Genetic Algorithms Determining the Implementation of Route], Master of Science, Haliç University Institute of Science, Department of Computer Engineering, İstanbul.
- Keskintürk, T., Uz, E. & Topal, M. (2016). Genetic Algorithm Approach for Capacitated and Distance Constrained Periodic Travelling Salesman Problem: Scheduling and Routing of Turkish Air Forces' A400M, *Journal of Academic Approaches*, 7(1), 53-68.
- Military Transport Aircraft
- Khan, L. U., (2017). Visible Light Communication: application, architecture, standardization and research challenges, *Digital Communications and Networks*, 3, 78-88.
- Luo, J., Fan, L. & Li, H., (2017). Indoor Positioning Systems Based on Visible Light Communications: State of Art, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 19(4), 2871- 2894.
- Lv, H., Feng, L., Yang, A., Guo, P., Huang, H., & Chen, S., (2017). High Accuracy VLC Indoor Positioning System With Differential Detection. *IEEE Photonics Journal*, 9(3), 1-13, doi: 10.1109/JPHOT.2017.2698240.
- Okur, E. & Atlas, M. (2020). Araç Rotalama Probleminin Genetik Algoritma ile Çözümü [Solution of Vehicle Routing Problem with Genetic Algorithm], *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 20 (3), 227-254.
- PHILIPS, (2016). Indoor Positioning White Paper, (2019, 4 September), <https://cdn.fs.agorize.com/yYsIkB46SAegMUK3hnuz>
- Sharifi, H., Kumar, A., Alam, F., & Arif, K. M., (2016). Indoor Localization of Mobile Robot with Visible Light Communication, 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA), 1-6, doi: 10.1109/MESA.2016.7587166
- Uzun, P. (2019). Görünür Işık Haberleşmesinde Modülasyon Türlerinin İncelenmesi [Investigation of Modulation Types in Visible Light Communication], Master of Science, Tokat Gaziosmanpaşa University Institute of Science, Department of Mechatronics Engineering, Tokat.
- Wang Z., Liu L., Long T. & Wen Y., (2018). Multi-UAV Reconnaissance Task Allocation for Heterogeneous Targets Using an Opposition-Based Genetic Algorithm with Double-Chromosome Encoding, *Chinese Journal of Aeronautics*, 31(2): 339–350. DOI: 10.1016/j.cja.2017.09.005.
- Windlin, C., (2016). Visible Light Communication as a Material for Design, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.



Akıllı Telefonlar için Birleştirme Modeli Tabanlı Görüntü Altyazılama

Muharrem Baran*, Özge Taylan Moral, Volkan Kılıç

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye
(ORCID: 0000-0001-7394-3649, 0000-0003-0482-267X, 0000-0002-3164-1981), y190207002@ogr.ikcu.edu.tr, ozgetaylan.moral@ikcu.edu.tr,
volkan.kilic@ikcu.edu.tr)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950924)

ATIF/REFERENCE: Baran, M., Moral, Ö.T. & Kılıç, V. (2021). Akıllı Telefonlar için Birleştirme Modeli Tabanlı Görüntü Altyazılama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 191-196.

Öz

Görüntü altyazılama, bir görüntünün metinsel açıklamasını doğal dil işleme ve bilgisayarlı görü kullanılarak oluşturma işlemidir. Bir görüntünün görsel içeriğini makineye tanımlatmak, potansiyel uygulamaları nedeniyle son yıllarda artarak ilgi görmüştür. Bu çalışmada, akıllı telefonlarda uygulanabilir, kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımına dayanan birleştirme modeli tabanlı bir görüntü altyazılama sistemi önerilmektedir. Önerilen birleştirme modelinde kodlayıcı olarak görüntü özniteliklerini çıkarmak için VGG16 evrimsel sinir ağları ve kelime özelliklerini çıkarmak için uzun-kısa dönemli bellek yapısı kullanılmıştır. Bu iki işlem sonrası, görüntü özniteliklerinin ve oluşturulan kelime özelliklerinin kodlanmış biçimleri önerilen modelde birleştirilmiştir. Bu iki kodlanmış girdinin kombinasyonu daha sonra dizideki bir sonraki kelimeyi oluşturmak için çok basit bir kod çözücü modeli tarafından kullanılarak görüntülerin doğal dile uygun altyazıları başarıyla üretilmiştir. Önerilen sistem Flickr8k/30k veri kümeleri üzerinde BLEUn metriği kullanılarak test edilmiş ve literatürdeki çalışmalarla kıyaslanarak sağladığı üstünlük gösterilmiştir. Önerilen sistem, ayrıca, benzer çalışmalardan farklı olarak internet bağlantısı olmadan görüntü altyazısı üretebilecek şekilde geliştirdiğimiz *ImCap* adlı Android uygulamamız üzerinde de başarıyla çalıştırılmıştır. Bu uygulama ile görüntü altyazılamanın daha çok kullanıcıya ulaşması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü Altyazılama, Bilgisayarlı Görü, Doğal Dil İşleme, Android.

Merge Model Based Image Captioning for Smartphones

Abstract

Image Captioning is the process of generating a textual description of an image by using both natural language processing and computer vision. Definition of the visual content of an image to the machine has attracted increasing attention in recent years due to its potential applications. In this study, an image captioning system based on an encoder-decoder merge model approach, applicable to smartphones, is proposed. In the proposed merge model, VGG16 convolutional neural networks are used to extract the image features and long-short term memory are used to extract the word features as encoder. After these two processes, the encoded forms of the images and the word features were merged in the proposed model. Image captioning was done successfully after the combination of these two encoded inputs had been used by a very simple decoder model to generate the next word in the sequence. The proposed system was tested using the BLEUn metric on the Flickr8k/30k dataset and its superiority was shown by comparing it with the studies in the literature. The proposed system was also integrated with our Android application called *ImCap*, which we have developed to generate captions without an internet connection, unlike other similar studies. With this application, image captioning is aimed to reach more users.

Keywords: Image Captioning, Computer Vision, Natural Language Processing, Android.

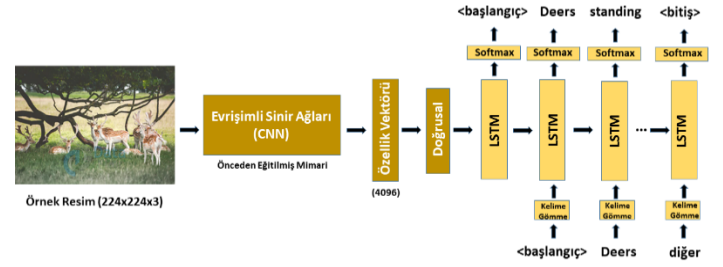
* Sorumlu Yazar: y190207002@ogr.ikcu.edu.tr

1. Giriş

Görüntülerden, bilgisayarlı görü ve doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak, dil bilgisi açısından anlamlı ve okunabilir tanımlar üretilmesi, son yıllarda görsel arama, görüntü erişim ve dizinleme, görme engelli bireyler için sanal asistanlar gibi uygulamalar nedeniyle dikkat çekmektedir (Çaylı, Makav, Kılıç, & Onan, 2020; Makav & Kılıç, 2019a, 2019b).

Görüntü özellikleri ile görüntü altyazısı oluşturmak için geliştirilen önceki çalışmalar şablon tabanlı ve getirim tabanlı çalışmaları içermektedir (Elliott & Keller, 2013; Kuznetsova, Ordonez, Berg, & Choi, 2014; Mason & Charniak, 2014; Socher, Karpathy, Le, Manning, & Ng, 2014). Şablon tabanlı yöntemler ön-tanımlı cümle şablonlarından ve nesne algılayıcılardan yararlanarak altyazı üretirler. Getirim tabanlı yöntemler mevcut getirim kütüphanesindeki görüntülerden yararlanarak altyazı üretirler. Bu yöntemlerde altyazı kalitesi nesne algılayıcı ve kütüphane gibi etkenlere bağlı olduğundan, alternatif yöntemler önerilmiştir. Evrişimsel sinir ağları (Convolutional Neural Network – CNN) ve tekrarlayan sinir ağı (Recurrent Neural Network) yapılarını birleştiren kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımı alternatif yöntemlerden birisidir (Mao et al., 2014). CNN, kodlayıcı olarak görüntü özniteliklerini çıkarmak için kullanılırken, RNN çıkarılan görüntü özniteliklerinin beslendiği kod çözücü olarak kullanılır. Son gelişmelerle birlikte, kodlayıcı tasarımında kullanılan VGGNet (Simonyan & Zisserman, 2014) ve Inception-v3 (Mathews, Xie, & He, 2018) gibi CNN mimarileri geliştirilmiştir. RNN tabanlı kod çözücüler, geleneksel RNN yapılarının neden olduğu kaybolan ve patlayan gradyan problemlerine çözüm olarak üretilen uzun-kısa dönemli bellek (Long Short Term Memory – LSTM) ve kapılı tekrarlayan hücre (Gated Recurrent Unit – GRU) yapılarını kullanarak, CNN ile çıkarılan görüntü özniteliklerini doğal dile uygun altyazıya dönüştürür (Hossain, Sohel, Shiratuddin, & Laga, 2019). LSTM yapısı, bilgi depolamak için uzun periyotlarda hafıza hücreleri kullanırken GRU yapısı ek hafıza hücresi kullanmadan bilgi akışı sağlar. Chen vd. çalışmalarında çift yönlü yinelenen sinir ağlarını (Bidirectional Recurrent Neural Network) kullanarak hem altyazılardan öznitelik çıkarmayı hem de özniteliklerden altyazı üreterek görüntü altyazılama yapmayı hedeflemiştir (Chen & Zitnick, 2014). Mao vd. çalışmalarında tek ve çok katmanlı tekrarlayan sinir ağlarını kullanarak altyazılama yapmıştır (Mao et al., 2014). Hodosh vd. çalışmalarında çekirdek kanonik korelasyon analizini (Kernel Canonical Correlation Analysis) uygulayarak altyazılama yapmıştır (Hodosh, Young, & Hockenmaier, 2013). Kiros vd. ise çalışmalarında uzun kısa dönemli hafıza (Long Short Term Memory) ağını kodlayıcı ve kod çözücü için kullanarak görüntü altyazılama hedeflemiştir (Kiros, Salakhutdinov, & Zemel, 2014). RNN tabanlı kod çözücülerde, kodlayıcıdan gelen görsel bilgi doğrudan RNN yapısına beslenebildiği gibi, RNN yapısından önce ek bir katmanla da beslenebilir (Tanti, Gatt, & Camilleri, 2018). Örneğin, kod çözücü mimarilerinden biri olan birleştirme (merge) mimari yaklaşımı, görüntüyü önek RNN kodlandıktan sonra modele verir ve her zaman adımında görüntü gösteriminden değişiklik yapılmaz (Hendricks et al., 2016; Tanti et al., 2018).

Bu çalışmada ise, kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımına dayanan birleştirme modeli tabanlı görüntü altyazılama sistemi önerilmektedir. Görüntülerin görsel özniteliklerini çıkarmak için VGG16 CNN mimarisi, metin açıklamasının kodlanması için de LSTM RNN mimarisi kodlayıcı olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. Görüntü Altyazılamaya Genel Bakış (Flair, 2019)

Kodlanan verilerin basit bir kod çözücü modeline girdi olarak verilmesiyle de görüntü altyazılama yapılmıştır. Önerilen yöntem, Flickr8k/30k (Hodosh et al., 2013) veri kümelerinin mevcut İngilizce görüntü altyazıları ile eğitilmiş ve birleştirme modelinin üretilen görüntü altyazısı başarısı üzerindeki etkisi ve literatürdeki çalışmalarla kıyaslanması için BLEU_n (n = 1,..., 4) (Bilingual Evaluation Understudy) (Papineni, Roukos, Ward, & Zhu, 2002) performans metriği ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak; görüntü altyazılama modeli herkesin kolaylıkla erişebileceği, internetsiz ve hızlı bir sonuç alabileceği Android tabanlı akıllı telefon uygulamasına gömülmüştür.

Makalenin geri kalanı ise şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de, önerilen kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımı ve Android tabanlı uygulama tanıtılmıştır. Bölüm 3'te veri kümesi, performans metriği ve karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir. Bölüm 4'te ise sonuçlara değinilmiştir.

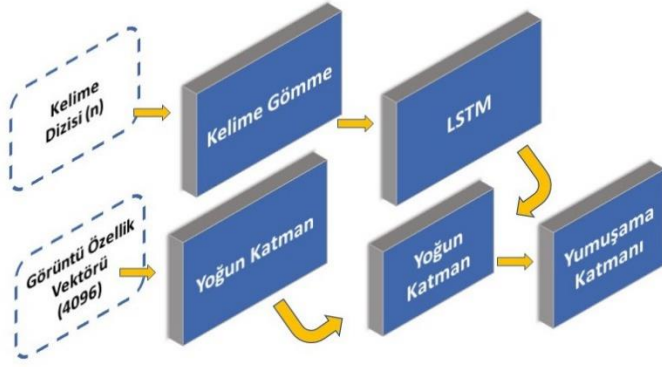
2. Materyal ve Metot

Bu bölümde önerilen görüntü altyazılama yöntemi ve *ImCap* adlı geliştirdiğimiz Android tabanlı uygulaması anlatılacaktır.

2.1. Önerilen Kodlayıcı-Kod Çözücü Yaklaşımı

Kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımına dayalı görüntü altyazılama sisteminde, kodlayıcı olarak görüntülerin görsel özelliklerinin kayda değer içerikle çıkarılması için CNN mimarisi ve altyazı metinlerinin kodlanması - için sıralı verileri işleyebilen RNN mimarisi kullanılmıştır. CNN mimarileri evrişim işlemi yapan filtreler kullanan evrişim katmanı, bu katmanda çıkarılan öznitelik haritasının uzamsal boyutunu düşüren bir havuzlama katmanı ve bir önceki katmandan gelen tüm girdilere bağlı son çıktıyı üreten tam bağlı katmandan oluşur (Zhang, Wang, & Liu, 2018). Kodlayıcı olarak büyük veri kümelerinde önceden eğitilmiş CNN mimarilerinden yararlanılmaktadır.

Kod çözücü olarak kullanılan RNN, dil bilgisine uygun ve anlamlı bir cümle üretmek için kodlayıcıdan gelen özellik vektörünü alır. Sıralı verileri işleyen bir derin ağ olan RNN mimarilerinde her bir çıktı, tekrarlayan şekilde her bir dizi örneği üzerinden aynı fonksiyon işlenerek hesaplanır (Zhang et al., 2018). RNN mimarisi kelimeleri vektör olarak ifade eden gömme katmanı, işlenen dizilerin her sözcüğünün tahmin edilmesi için eğitilen tekrarlayan gizli katmanlardan ve görüntü özniteliklerine karşılık gelen en uygun sözcüğü tahmin eden tam bağlı katmandan oluşmaktadır. Geleneksel RNN yapılarında karşılaşılan kaybolan gradyan problemine çözüm olarak geliştirilen LSTM ağları, birleştirme modelinde kullanılmıştır. LSTM, yapısında uzun süreli hafıza yetisi barındırdığından metin üretmek ve kelimeleri daha doğru sıralamak için tercih edilmiştir. LSTM gizli ve hücre durumları olmak üzere iki durum vektörü içerir (Wang, Wang, & Xu, 2020).



Şekil 2. Birleştirme Modeli (Brownlee, 2019)

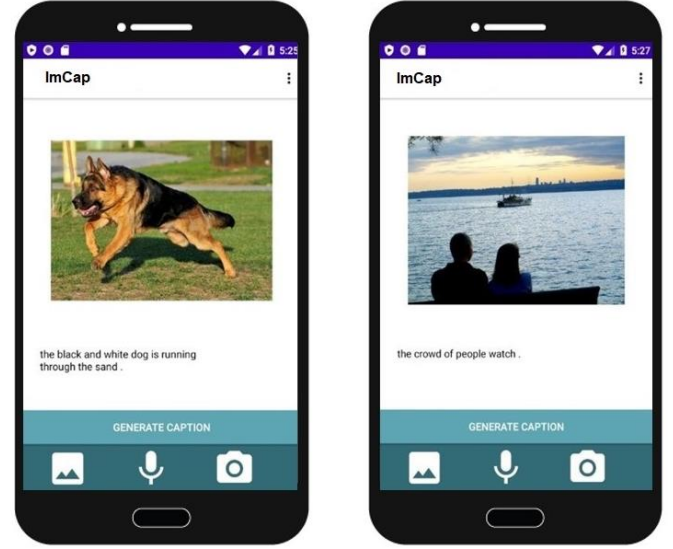
LSTM yapısı hücre, giriş, çıkış ve unutmaya kapısı olmak üzere dört kapıdan oluşur. Hücre kapısı, belirli zaman aralıklarındaki değerleri hatırlar. Giriş, çıkış ve unutmaya kapıları, hücrenin içine ve dışına bilgi akışını düzenler. LSTM yapısı, bir zaman serisindeki önemli olaylar arasında bilinmeyen süre gecikmeleri olabileceğinden, zaman serisi verilerine dayalı olarak sınıflandırma, işleme ve tahminler yapmak için uygundur (Zhang et al., 2018). Geleneksel görüntü altyazılamada kullanılan sistem Şekil 1'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada, 16 katmandan oluşan VGG16 mimarisi kodlayıcı olarak çalıştırılmıştır. Bu mimari, 3 evrişim ve 2 tam bağlı katman, ardından yumuşama katmanı ile bir çıktı üreten bir CNN mimarisidir. Bu mimarinin sınıflandırma katmanı çıkarılarak, önceki katmanlarla girdi görüntüsünün özellik vektörü çıkarılır. Kod çözücü kısmında ise birleştirme modeli kullanılarak, kodlayıcıyla çıkarılan görüntü özellikleri ile referans altyazılarının LSTM ile kodlanmış biçimi iki girdi olarak alınır. Birleştirme modeli Şekil 2'de gösterilmiştir. Birleştirilen bu iki kodlanmış girdi, daha sonra kod çözücü modeli tarafından dizideki bir sonraki sözcüğü üretmek için kullanılmıştır. RNN yapısı yalnızca üretilen metni kodlamak için kullanılmıştır. Birleştirme modelinde, görüntü RNN yapısının dışında bırakılmıştır. RNN, sadece görüntü altyazısı örneğini yani tamamen dilsel bilgiyi işler. Önek vektörleştirildikten sonra, görüntü öznitelik vektörü, LSTM ağından sonra gelen ayrı bir katmanda önek vektörüyle birleştirilir. Çalışmada, birleştirme modeli tabanlı LSTM yapısının görüntü altyazısı üretme başarısı değerlendirilmiştir.

2.2. Android Tabanlı Uygulama

Önerilen model, internet bağlantısı olmadan görüntü altyazılamaya yapabilen geliştirdiğimiz *ImCap* Android uygulama ile birleştirilmiştir. Bulut sistemi üzerinden haberleşen benzer uygulamalardan (Çaylı et al., 2020; Makav & Kılıç, 2019b) farklı olarak *ImCap* çevrimdışı çalışmaktadır.

Geliştirilen uygulama Java Programlama dili ile Android Studio platformunda yazılmıştır. Geliştirilen derin öğrenme modelinin Android cihazlarda verimli bir şekilde çalışması için TensorFlow kütüphanesinden yararlanılmıştır. Tensorflow, model kodlayıcısında görüntü öznitelik çıkarımı için dondurulmuş CNN mimarilerini sunmaktadır. Inception-v3, diğer CNN mimarilerinden farklı olarak dondurulmuş model dosyasına sahip olduğu için birleştirme modeli ile kodlayıcı-kod çözücü yapısında kullanılmıştır. Gömülü modelin eğitimi Flickr8k/30k veri kümeleri üzerinde gerçekleştirilmiş ve eğitim sonucunda elde edilen tüm parametre değerleri, CNN model koduna gerek kalmadan Android tabanlı akıllı telefona gömülmüştür.



Şekil 3. *ImCap* Android Uygulamaya Gömülen Model ve Üretilen Altyazılar

Üretilen model boyutunun büyük olması ve modelin çalıştırılacağı akıllı telefonun düşük işlem gücü ve düşük bellek alanına sahip olması nedeniyle model boyutunda optimizasyon yapılır. Optimizasyon için eğitim sonrası niceleme yöntemi (Leon et al., 2020) kullanılarak model eğitiminde veri kaybı olmadan model boyutunun dörtte birine düşürülmesi sağlanmıştır. Optimize edilmiş gömülü model ve kelime öznitelik dosyası geliştirdiğimiz *ImCap* uygulaması ile entegre edilmiştir. *ImCap* uygulaması ile son kullanıcı, kamera ve galeriden görüntü seçerek görüntü altyazısını bir butona tıklayarak üretebilmektedir ve sesli anlatım seçenekleriyle de görüntü altyazısını otomatik duyabilmektedir. Android uygulama üzerindeki çıktılar Şekil 3'te verilmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde görüntü altyazılamada kullanılan veri kümeleri ve performans metrikleri ve önerilen yöntem ile mevcut çalışmalar arasındaki karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir.

3.1. Veri Kümeleri ve Performans Metrikleri

Görüntü altyazılama sistemlerinde kullanılan veri kümeleri önemli rol oynamaktadır. Değerlendirme yapılabilmesi için geniş sayıda görüntü içeren ve referans altyazısına sahip veri kümeleri gerekmektedir. Flickr (Hodosh et al., 2013), MSCOCO (Lin et al., 2014) ve VizWiz (Bigham et al., 2010; Chen et al., 2015) görüntü altyazılama sistemlerinde kullanılan yaygın veri kümelerindedir. Bu çalışmada, Flickr8k ve Flickr30k veri kümeleri kullanılmıştır. Flickr8k ve Flickr30k veri kümeleri sırasıyla 8,092 ve 31,783 adet görüntü içermektedir. Tablo 1'de verildiği gibi her görüntü 5 referans altyazı ile tasvir edilmiştir. Flickr8k 6,000 eğitim, 1,000 test ve 1,000 değerlendirme görüntüsü içerirken, Flickr30k 29,783 eğitim, 1,000 test ve 1,000 değerlendirme görüntüsüne sahiptir. Önerilen yöntemle üretilen görüntü altyazısının performansını ölçmek için BLEUn ($n = 1, 2, 3, 4$) (Papineni et al., 2002) metriği kullanılmıştır. BLEUn metriği, referans altyazılar ve üretilen altyazının benzerlik oranını kıyaslayarak benzerlik yüzdesini sunar. BLEU metriğinin 4 farklı seviyesi üzerinden sonuç alınmıştır.

Tablo 1: Flickr Veri Kümesinden Örnek Bir Resim ve Referans Altyazıları

**Referans Altyazılar:**

- Blonde horse and girl in black shirt are staring at fire in barrel
- Girl and her horse stand by fire
- Girl holding horse lead behind fire
- Man and girl and two horses are near contained fire
- Two people and two horses watching fire

3.2. Karşılaştırmalı Sonuçlar

Önerilen birleştirme modeli tabanlı LSTM kod çözücü, VGG16 mimarisi ile Flickr8k/30k veri kümeleri üzerinde test edilmiştir. Eğitilen iki farklı veri kümesi üzerinde, modelin doğruluk performansları ve önerilen sistemin Flickr veri kümesini kullanan diğer modellerle kıyaslaması sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. Görüldüğü gibi önerilen birleştirme modeli yaklaşımı BLEU1 metriğinde en iyi performansı göstermiştir. Kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımı üzerinde birleştirme modelinin başarısı, tekrarlayan sinir ağının rolünün çıktı üretmek yerine girdiyi kodlamak olduğunu göstermiştir. Android uygulamaya gömülen görüntü altyazılama modeli de başarıyla altyazı üretebilmiştir. Tensorflow verilerinin dondurulması bilgi kaybına sebep olduğu için aynı görüntünün bilgisayardaki ve Android uygulama üzerindeki çıktısı arasında az bir fark gözlemlenmiş olsa da bilgisayar ve *ImCap* uygulaması üzerindeki çıktılarının görüntüyle oldukça uyumlu olduğu saptanmıştır. Veri kümeleri kıyaslanacak olursa Flickr30k daha fazla kelime ve görüntü barındırdığı için Flickr8k'ya göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Tablo 4'te Flickr veri kümelerinden alınmış örnek resimler için üretilen altyazılar gösterilmektedir.

Tablo 2: Flickr8k Veri Kümesinde Performans Karşılaştırılması

Yöntem	BLEU1	BLEU2	BLEU3	BLEU4
(Chen & Zitnick, 2014)	22.5	-	-	-
(Mao et al., 2014)	43.8	18.5	13.4	-
(Hodosh et al., 2013)	48.0	-	-	-
(Kiros et al., 2014)	51.0	-	-	-
Önerilen Yöntem	51.4	25.3	15.0	6.2

Tablo 3: Flickr30k Veri Kümesinde Performans Karşılaştırılması

Yöntem	BLEU1	BLEU2	BLEU3	BLEU4
(Chen & Zitnick, 2014)	18.9	-	-	-
(Mao et al., 2014)	46.9	19.6	12.5	-
Çok Katmanlı RNN (Mao et al., 2014)	54.7	23.9	19.5	-
Önerilen Yöntem	55.4	25.9	15.0	6.2

4. Sonuç

Bu çalışmada VGG16 ve LSTM mimarileri kullanılarak kodlayıcı-kod çözücü yaklaşımına dayanan birleştirme modeli tabanlı bir görüntü altyazılama sistemi sunulmuştur. Önerilen sistem, Flickr8k ve Flickr30k veri kümeleri ile değerlendirilmiş ve birleştirme modeli tabanlı yöntemin görüntü altyazılamanın başarısına etkisi gözlemlenmiştir. Sistem, akıllı telefonlarda çevrimdışı çalışmasını sağlayan modele dönüştürülmüş ve *ImCap* adlı geliştirdiğimiz Android uygulama ile birleştirilmiştir. Bu uygulama ile, görme engelli bireylerin günlük hayatlarını kolaylaştıracak, seslendirme özelliğine sahip kullanıcı dostu bir platform sunulmuştur. Gelecek çalışmalarda, Android'e gömülü model oluşturmak için TensorFlow ve yüksek seviyeli yapay ağ API'si olan Keras'ın birlikte kullanılması ve daha yüksek doğruluk performansına sahip modeller geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Kaynakça

- Bigham, J. P., Jayant, C., Ji, H., Little, G., Miller, A., Miller, R. C., . . . White, S. (2010). *Vizwiz: nearly real-time answers to visual questions*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd annual ACM symposium on User interface software and technology.
- Brownlee, J. (2019). A gentle introduction to pooling layers for convolutional neural networks. *Machine Learning Mastery*, 22.
- Çaylı, Ö., Makav, B., Kılıç, V., & Onan, A. (2020). *Mobile Application Based Automatic Caption Generation for Visually Impaired*. Paper presented at the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems.
- Chen, X., Fang, H., Lin, T.-Y., Vedantam, R., Gupta, S., Dollár, P., & Zitnick, C. L. (2015). Microsoft coco captions: Data collection and evaluation server. *J arXiv preprint arXiv:00325*.
- Chen, X., & Zitnick, C. L. (2014). Learning a recurrent visual representation for image caption generation. *J arXiv preprint arXiv:1411.5654*.
- Elliott, D., & Keller, F. (2013). *Image description using visual dependency representations*. Paper presented at the Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing.
- Flair, D. (2019). Python based Project – Learn to Build Image Caption Generator with CNN and LSTM.

Tablo 4: Önerilen Altyazılama Yaklaşımı ile Üretilen Altyazılar

Flickr Görüntüleri	Referans Altyazılar	Üretilen Altyazılar
	<ul style="list-style-type: none"> *A big black and brown dog plays outdoor *A black and tan dog leaps over the green grass *A brown and black dog runs on the grass outdoors in front of a sidewalk *A dog runs *A German shepherd jumps left on patchy grass 	*German sphered runs through the grass
	<ul style="list-style-type: none"> *A boy does a skateboard trick *A man jumps in the air on his skateboard *A skateboarder doing a maneuver in the air the *Skateboarder jumps into the air *The young man catches some air while skateboarding 	*Man is performing skateboard in the air
	<ul style="list-style-type: none"> *Men participate in a soccer game *Two male soccer players in game action *Two men fall as they battle for a soccer ball *Two opposing footballers play on a field *Two soccer players playing soccer on a field 	*Two man are playing soccer on field
	<ul style="list-style-type: none"> *Two children carry flowers as they walk along a grassy track *Two children hold hands and flowers *Two children in jackets walking down a dirt road carrying flowers *Two children walk along a path holding purple flowers *Two girl walk town a dirt road, holding flowers 	*Young boy in red shirt is walking through grassy field
	<ul style="list-style-type: none"> *A couple watches a boat against a skyline *A man and woman sit on a bench watching a boat go *The sun is setting while a man and woman watch a boat go *Two people sit on a bench and watch a boat on the water *Two people watching a boat sail past 	*Two people are sitting on rocks near water
	<ul style="list-style-type: none"> *A boy wearing a red shirt and jeans is doing a flip on his bike *A person flipping a bicycle upside down *A person flips on a bike *A person in a red shirt doing tricks on a bicycle *A person is show upside down on his bicycle over a large field 	*A men is performing trick on a bike

- Hendricks, L. A., Venugopalan, S., Rohrbach, M., Mooney, R., Saenko, K., & Darrell, T. (2016). *Deep compositional captioning: Describing novel object categories without paired training data*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Hodosh, M., Young, P., & Hockenmaier, J. (2013). Framing image description as a ranking task: Data, models and evaluation metrics. *J Journal of Artificial Intelligence Research*, 47, 853-899.
- Hossain, M. Z., Sohel, F., Shiratuddin, M. F., & Laga, H. (2019). A comprehensive survey of deep learning for image captioning. *ACM Computing Surveys*, 51(6), 1-36.
- Kiros, R., Salakhutdinov, R., & Zemel, R. S. (2014). Unifying visual-semantic embeddings with multimodal neural language models. *J arXiv preprint arXiv:*
- Kuznetsova, P., Ordonez, V., Berg, T. L., & Choi, Y. (2014). Treetalk: Composition and compression of trees for image descriptions. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 2, 351-362.
- Leon, V., Mouselinos, S., Koliogeorgi, K., Xydis, S., Soudris, D., & Pekmestzi, K. (2020). A tensorflow extension framework for optimized generation of hardware cnn inference engines. *J Technologies*, 8(1), 6.
- Lin, T.-Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., . . . Zitnick, C. L. (2014). *Microsoft coco: Common objects in context*. Paper presented at the European Conference on Computer Vision.
- Makav, B., & Kılıç, V. (2019a). *A new image captioning approach for visually impaired people*. Paper presented at the 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- Makav, B., & Kılıç, V. (2019b). *Smartphone-based image captioning for visually and hearing impaired*. Paper presented at the 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- Mao, J., Xu, W., Yang, Y., Wang, J., Huang, Z., & Yuille, A. (2014). Deep captioning with multimodal recurrent neural networks (m-rnn). *arXiv preprint arXiv:*
- Mason, R., & Charniak, E. (2014). *Nonparametric method for data-driven image captioning*. Paper presented at the Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.
- Mathews, A., Xie, L., & He, X. (2018). *Semstyle: Learning to generate stylised image captions using unaligned text*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W.-J. (2002). *BLEU: a method for automatic evaluation of machine translation*. Paper presented at the Proceedings of the 40th Annual Meeting on Association for Computational Linguistics.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- Socher, R., Karpathy, A., Le, Q. V., Manning, C. D., & Ng, A. Y. (2014). Grounded compositional semantics for finding and describing images with sentences. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 2, 207-218.
- Tanti, M., Gatt, A., & Camilleri, K. P. (2018). Where to put the image in an image caption generator. *Natural Language Engineering*, 24(3), 467-489.
- Wang, H., Wang, H., & Xu, K. (2020). Evolutionary Recurrent Neural Network for Image Captioning. *Neurocomputing*.
- Zhang, L., Wang, S., & Liu, B. (2018). Deep learning for sentiment analysis: A survey. *Journal of Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining Knowledge Discovery*, 8(4), e1253.



Nöroanatomi Dersi İçin Bir Mobil Uygulama Önerisi

G. Tirkeş^{1*}, D. Gökpınar², E. E. Arıcı³, A. Bayralı⁴

^{1*}Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0884-4876), guzin.tirkes@atilim.edu.tr

²Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (Mezun), Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3769-9858), denizgokpinarr@gmail.com

³Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (Mezun), Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5486-9575), ekinarici.ea@gmail.com

⁴Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (Mezun), Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3961-8900), afbay1297@hotmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950201)

ATIF/REFERENCE: Tirkeş, G., Gökpınar, D., Arıcı, E. E. & Bayralı, A. (2021). Nöroanatomi Dersi İçin Bir Mobil Uygulama Önerisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 197-202.

Öz

Bu çalışma, Tıp ve Sağlık Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin nöroanatomi dersinde yer alan kas, kemik ve eklem konularını tekrar edebilmeleri için bir mobil uygulama geliştirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen uygulama, öğrencilere öğretim elemanları tarafından hazırlanan çalışma soruları, videolar ve diğer kaynaklara erişim sağlamaktadır ve Android İşletim Sisteminde kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Öğrencilerin cevaplayacağı çalışma soruları neticesinde öğrencinin hangi konularda eksiği olduğunu tespit ederek bu eksiği gidermek için ilgili videolar sunarak öğrenmeyi pekiştirmek hedeflenmektedir. Çalışmada öğrencinin geri bildirimlerinden yararlanarak iyileştirilmeye gidilmesi her zaman ilk hedef haline gelmiştir. Bu amaçla, Atılım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü nöroanatomi dersi öğrencilerine bir anket uygulanmış, öğrencilerin mobil uygulama kullanım tercihleri, bir mobil uygulamayı eğitim amaçlı kullanımına yaklaşımları ölçülmüş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mobil Nöroanatomi Uygulaması, Mobil Öğrenme Uygulaması, Aktif Öğrenme, Android uygulama.

A Mobile Application Suggestion For A Neuroanatomy Course

Abstract

This study aims to develop a mobile application for the Faculty of Medicine and Health Sciences students to practice the muscle, bone, and joint issues in the neuroanatomy course. The proposed application provides students with access to study questions, videos, and other resources prepared by instructors and is designed to be used on the Android Operating System. As a result of the students' study questions, it aims to reinforce the learning by determining which subjects the student lacks and by presenting relevant videos to overcome this deficiency. Making improvements by taking advantage of the student's feedback has always been the first goal in the study. For this purpose, a questionnaire was applied to the neuroanatomy course students of Atılım University Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, the frequency of using a mobile application, their approach to using a mobile application for educational purposes were asked and the results were analyzed.

Keywords: Mobile Neuroanatomy App, Mobile Learning App, Active Learning, Android App

* Sorumlu Yazar: guzin.tirkes@atilim.edu.tr

1. Giriş

Nöroanatomi, Patoloji, Biyokimya gibi diğer tıp bilimlerinin temel bileşeni olan Anatomi eğitimi, Tıp Fakültesi eğitiminin en önemli derslerinden biri olarak görülmüştür (Demirtaş, Onay ve Günerigök, 2013:41). Son yıllarda, donanım ve yazılım sektörünün gelişimi ile teknoloji herkes tarafından kullanılabilir hale gelmiştir. Bu durum eğitime de olumlu yönde yansımış ve bilgisayar destekli eğitimin kullanımı ve uygulamaları anlamlı bir biçimde artmıştır (Trifonova, 2003). KOVİD 19 pandemisi ile de özellikle Medya Paylaşım Siteleri (Youtube, Dailymotion), Sosyal Medya (Twitter, Instagram), bloglar, podcast'lerden eğitim videolarının izlenme oranı artmış, kullanıcılar ihtiyaçları doğrultusunda e-öğrenme platformu dahi oluşturabilir duruma gelmiştir (Biswas, Roy K. ve Roy F., 2020).

Bu teknolojik gelişmelerin içinde kullanımı yaygınlaşan uygulamalardan biri de mobil uygulamalar olmuştur (Briz-Ponce, Juanes-Mendez, García-Peñalvo ve Pereira, 2016:136). Bu uygulamaların kullanım kolaylığı ve zamanı etkili kullanması açısından eğitimciler ve öğrenciler tarafından tercih edildiği gözlemlenmiştir (Trifonova, 2003). Mobil uygulamalar her alanda kullanıldığı gibi sağlık alanında eğitim gören öğrenciler tarafından da yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulamaların maliyetlerinin düşük olması ya da maliyetlerinin olmaması buna etken olmuştur (Steel, 2012:875). Bu bağlamda, istenilen bilgilere daha rahat erişebilmek açısından, anatomi eğitimi ile ilgili mobil uygulamaların daha sık kullanılabilmesi öngörülebilir. Özellikle, taşınabilirlik konusu da ele alındığında, mini bilgisayarlar anatomi eğitiminde gündün güne daha fazla kullanılmaktadır. Ancak, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Öğrencilerinin, eğitimlerini desteklemek için kullandıkları mobil uygulamalarda birçok sorun yaşadığı gözlemlenmiştir. Örneğin, kullanılan uygulamanın seçilen bir dersin belli bir konusu ile ilgili ölçme-değerlendirme sürecini tam anlamıyla karşılayamadığı ve konu eksikliğini giderme yönünde verilebilecek desteği yeteri kadar sağlayamadığı görülmüştür. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Öğrencileri yüz-yüze aldıkları teorik bilgileri laboratuvar ortamında uyguladıkları da müfredatlarında bulunan çoğu ders pekiştirme gerektirmektedir. Bu durum öğrencilere destek sağlayacak ve bilgilerini tazeleyecek bir uygulamanın sunulması gerektiği sonucunu doğurmuştur (Hisam, A.,Shafique, M. U., Khurshid, M. N., Hamza, A., Asad, M. B., ve Shakeel, T., 2019:432). Bu sayede öğrenciler okulda edindikleri bilgileri destekleme imkanı bulacaklardır. Örneğin, Google Play kullanılarak indirilebilecek Tıp ve Sağlık Bilimi Fakültesi öğrencileri için geliştirilmiş uygulamalar mevcuttur. Literatürde de benzer çalışmalara rastlanmıştır.

2017 yılında yapılan bir çalışmada Zhao ve Pardo, Tıp Fakültesi öğrencilerinin sınav başarısına etkisini araştırmak amacıyla myUniMate isimli bir uygulama geliştirmişlerdir. Uygulamanın öğrencilerin taşınabilir cihazlarına aktarılıp kullanımı sağlandığında öğrencilerin öğrenme hızlarının arttığı sonucuna varılmıştır (Yu ve Pardo, 2017:1). Bir başka çalışmada ise, öğrencilerin tıp alanı ile ilgili mobil uygulamaları kullanma sıklıkları araştırılmış ve öğrencilerin teknolojiye olan ilgilerinin arttığı sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda mobil uygulamayı kullanarak klinik çalışma bilgilerini de arttırdıkları

gözlemlenmiştir (Hisam, A.,Shafique, M. U., Khurshid, M. N., Hamza, A., Asad, M. B., ve Shakeel, T., 2019:432). Valencia Üniversitesi eğitimcileri tarafından yapılan bir çalışmada, Fizyoterapi Fakültesi öğrencileri için Android ve İOS işletim sistemleri ile uyumlu bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama ile eğitimciler hazırladıkları ders kaynaklarını sanal ortamda paylaşarak dersi daha etkili aktarmayı aynı zamanda zaman ve maliyetten tasarruf sağlayan bir öğrenme aracı oluşturmayı amaçlamışlardır. Öğrencilerden uygulamayı telefonlarına indirip denemeleri istenmiş, sonuç olarak daha iyi bilgi paylaşımının olduğu ve öğrencilerin bilgiye doğrudan erişmekten memnun oldukları gözlemlenmiştir (Martinez-Arnau, Zarzoso, Espi, Alakhdar, Zurriaga ve Benitez-Martinez, 2014). Son yıllarda anatomi öğrenmesinin kolaylaştırılması için kullanılabilir olan Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisiyle ilgili yapılan bir başka çalışmada, AG fikrinin mobil uygulamalarla birleştirilmesi sonucunda öğrencilerin anatomi dersi konularına olan hakimiyetlerinin artacağı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, öğrencilere tablet bilgisayar, akıllı telefon gibi belli çoklu ortam materyalleri sunulmuş ve uygulamaların kullanım özellikleri anlatılmıştır. Alınan sonuçlarda en dikkat çekici olan, öğrencilerin AG uygulamalarını bireysel öğrenme aracı olarak da kullanmak istemeleri olmuştur (Kurniawan, Suhajito, Diana ve Witjaksono,2018:80). Bir diğer çalışmada ise, öğrencilere insan iskeletini tanıtabilmek için bir mobil uygulama tasarlanmış ve 3B kontrol cihazı (Leap Motion Controller) kullanılmıştır. Akıllı telefon kullanan öğrencilerin uygulamayı kullanmaları sağlanmış ve 3B iskeletin tüm detaylarını inceleyerek bir sınavı tabi tutmuşlardır. Uygulanan bu sınavda öğrenci başarısında büyük bir artış olduğu sonucuna varılmıştır (Nainggolan, Siregar ve Rahmi, 2016:465).

Yapılan çalışmaların ortak sonuçlarında, mobil uygulamalar desteği ile öğrencilerin ezberle dayalı, yoğun içerikli ders konularını kolay bir şekilde takip edebildikleri, aynı zamanda dersin öğretim elemanının da öğrencilerin başarısını takip edebildiği görülmüştür. Bu çalışmada, nöroanatomi konusunun bir mobil uygulama ile pekiştirilmesine aynı zamanda dersin öğretim elemanının da öğrencinin eksik konularını analiz etmesine olanak sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada "Physiotherapy Mobile Learning Application", "Students Mobile Learning Application" ve "Medicine Mobile Learning Application" anahtar kelimeleri kullanılarak 2004-2020 yılları arasındaki eğitim ile ilgili mobil uygulama makaleleri incelenmiştir. Aktif öğrenmeye destek sağlamak amacı ile bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Önerilen uygulamada Agile Yazılım Geliştirme Yöntemi kullanılmıştır (Ilieva, Ivanov & Stefanova, 2004). Uygulamanın geliştirme aşamalarına kullanıcılar da dahil edilmiştir. Çalışmada, kullanıcıların mobil uygulamalara bakış açılarını öğrenmek amacıyla bir ön test uygulanmış ve analiz edilmiştir. Anket, Atılım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi'nde 2020-2021 Bahar döneminde 48 Fizyoterapi ve Rehabilitasyon öğrencisine uygulanmış olup toplam 12 sorudan oluşmaktadır². Çalışmanın bir sonraki aşaması

²<https://docs.google.com/forms/d/154jihxFD7E4ADVdK5tOXN1LPWTDJUM3ELKE1jHalasA/edit>

öğrencilere uygulamanın kullanımı hakkında bilgi vermek ve öğrencinin uygulamayı kullanmasını sağlamak, sonrasında memnuniyet anketi (son test) ile sonuçları değerlendirmek olarak planlanmıştır. Ancak COVID 19 pandemisi nedeni ile dersler dönem arasında çevrimiçi devam ettiğinden çalışmanın devamı yüz-yüze eğitim başladığında tamamlanacaktır.

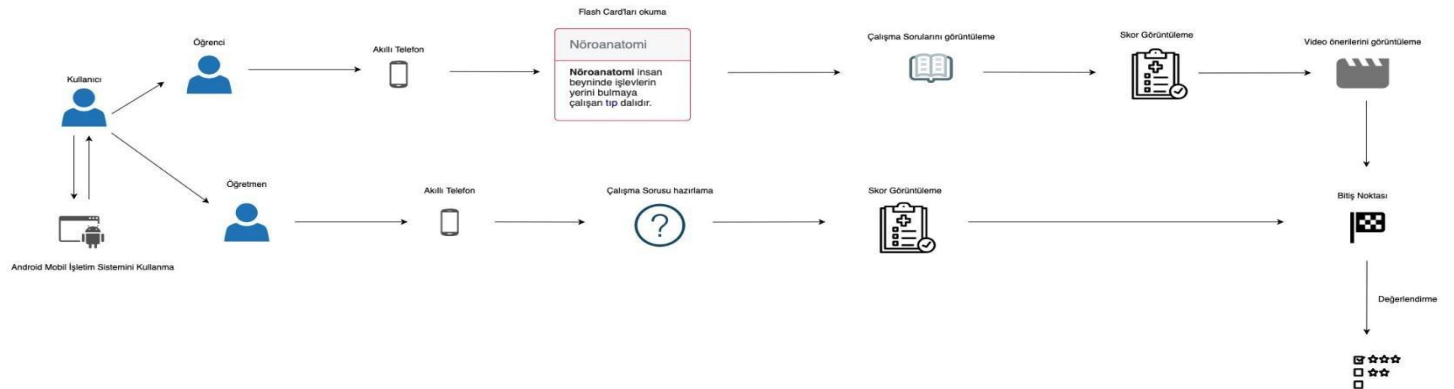
2.1. Veri Toplama

Çalışmamızın nitel bölümündeki anket, öğrencilerin nöroanatomi konusundaki bilgi seviyeleri ve nöroanatomi çalışma süreçlerindeki yöntemleri keşfetmek için uygulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Google Formlar çevrimiçi anket aracı kullanılmıştır. Anket sorularının geçerliliği hakkında gerekli uzmanlardan yardım alınmıştır. Gelen geri bildirimler ile birlikte anket son haline getirilmiştir. Ankete Cronbach Alpha testi uygulanmış ve geçerliliği .72 olarak saptanmış olup geçerli sayılmıştır. İstatistiksel analiz için .05 anlamlılık düzeyi kullanılmıştır. Anketin ilk üç sorusu demografik bilgilerin belirlenmesi için tasarlanmıştır. Anketin diğer sorularında uygulamanın kullanımı ve faydası hakkında sorular içermektedir. Derecelendirme yöntemi olarak "Kesinlikle katılıyorum", "Katılıyorum", "Fikrim Yok", "Katılmıyorum", "Kesinlikle Katılmıyorum" ifadelerinin yer aldığı 5'li Likert ölçeği kullanılmıştır (Turan, Şimşek ve Aslan, 2015:186).

Çalışmaya Atılım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümünde öğrenim gören 48 (%58,3 kız, %41,7 erkek) lisans öğrencisi katılım göstermiştir. Anketin ilk adımı olan öntest, öğrencilerin uygulamayı kullanmadan önce sahip oldukları "nöroanatomi" dersi ile ilgili bilgi seviyelerini ve çalışma yöntemlerini incelemiştir.

2.1.1. Çalışma Süreci

Çalışmada, öğrencilerin nöroanatomi konusu için pratik sağlayabilecekleri bir ortam tasarlanmıştır (ADEE-1997). Uygulama, öğrencinin tekrar edeceği konu ile ilgili görsel içerik, anlık bilgi edinebilmeleri için flaş kartlar ve bilgi seviyelerini gözlemlemek için konuya özgü test sorularından oluşturulmuştur. Öğrenci, test sonucuna göre eksik olduğu konu ile ilgili bilgilendirici videolara erişebilmesi için "Youtube" platformuna yönlendirilmektedir. Uygulamada kullanılan konu içeriği Atılım Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde aktif olarak eğitim vermekte olan nöroanatomi dersi öğretim üyesinden alınmıştır.



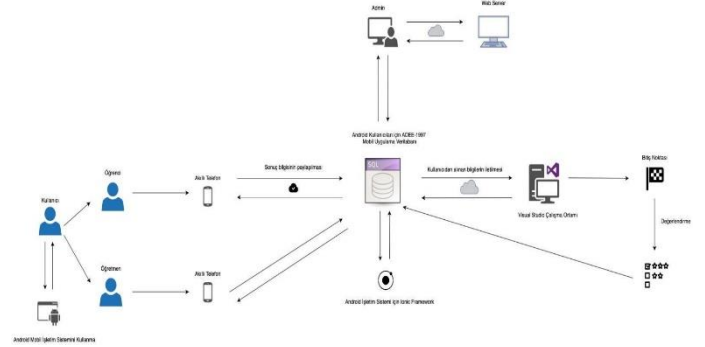
Şekil 2. Sisteme Genel Bakış

2.1.2. Önerilen Uygulama

ADEE-1997 mobil uygulaması, Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümünde eğitim gören öğrenciler için tasarlanmış olup müfredatlarının 2. döneminde aldıkları "Nöroanatomi" dersine katkı sağlamayı amaçlamıştır. Şekil 1'de önerilen uygulamanın mobil tarafında kullanılan programların diyagramı verilmiştir.

Mobil uygulamayı geliştirme sürecinde, ön yüz React Native platformunda yazılmış olup Visual Studio 2019 kullanılmıştır. Veritabanı olarak MsSQL Server, arayüz için IONIC yazılım çerçevesi kullanılmıştır. Uygulamanın ön yüzü

.NET Core'da yazılmış olup, arka yüzünde ise Angular 10 kullanılmıştır. Kullanıcı parola bilgileri md5 algoritması ile şifrelenmiştir (Qashlim ve Akhmad, 2016:10).



Şekil 1. Mobil Uygulamada Kullanılan Programlar

Uygulamada, öğretim elemanı ve öğrenciler için iki farklı arayüz tasarlanmıştır. Öğretim elemanı ve öğrenciler sisteme admin aracılığı ile kayıt olabilmektedir. Öğretim elemanı, kendi arayüzünü kullanarak öğrenciler için hazırladığı soruları ve flaş kartları sisteme girer. Soruları çözen öğrenciler puanlarını görebilir ve sınav sonuçlarına göre ders ile ilgili eksik noktaları belirleyip sistem tarafından önerilen ders videolarını izler. Öğretim elemanı ise, öğrencinin puanını görebilir ve bu şekilde öğrencilerinin başarısını takip edebilir. Öğrenci ve öğretim elemanları "Yardım-Destek" bölümünden sistem ile ilgili sorunlarını veya görüşlerini e-posta üzerinden sistem adminine bildirebilirler. Şekil 2'de sistem diyagramı verilmiştir.

2.2. Yazılım Geliştirme Metodu

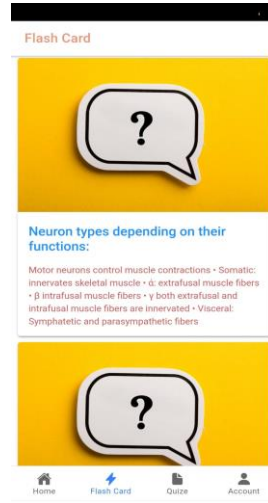
ADEE - 1997 Mobil Uygulaması'nda yazılım geliştirme yaşam döngüsünde "Agile Method" kullanılmıştır. Bu metodun tercih edilme sebebi; yazılım geliştirme tekrarlı, dinamik ve değişime açık olmasıdır (Briz-Ponce, Juanes-Mendez, García-Peñalvo ve Pereira, 2016:136).

Bu uygulama kullanıcı memnuniyetine odaklanmıştır. Bu nedenle kullanıcılar da geliştirme aşamasına dahil edilmiştir. Uygulama aşamalı olarak geliştirilmiş olup fonksiyonel, fonksiyonel olmayan ve sistem gereksinimleri belirlenmiştir. Benzer uygulamalara literatürden erişilmiş ve örnek alınmıştır. Uygulamanın ön yüz tasarımı React Native platformunda, yönetici panelinin ön yüzü ise Angular 10 ile yapılmıştır. Kullanıcı arka yüz tasarımı Visual Studio 2019, .NET Programlama Dili, yönetici arka yüzü de .NET Core ile yazılmıştır. Veri tabanı yönetim sistemi olarak MsSQL kullanılmıştır. Kullanıcı Parola Bilgileri md5 algoritması ile şifrelenmiştir. Analiz sonuçları da Excel PDF olarak dışa aktarılabilecek biçimde tasarlanmıştır.

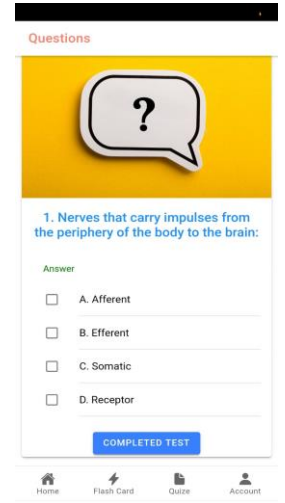
2.2.1. İşlevsel Gereksinimler

Öğrenci uygulamaya öğretim elemanının sisteme kaydettiği okul numarası ve belirlenen şifresi ile girecek ve kaydedilecektir. Şekil 3'te uygulamaya giriş ekranı verilmiştir.

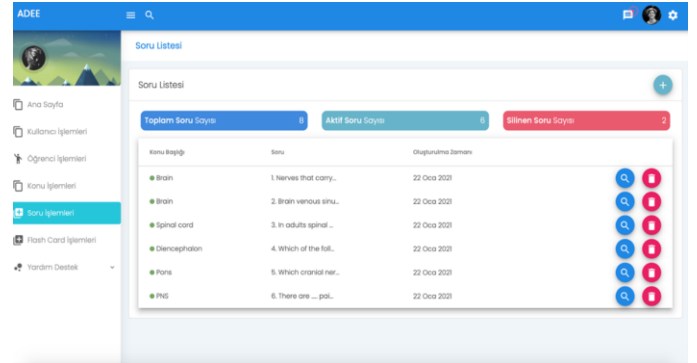
Flaş kart, temel bilgileri öğrenmek için iyi kurulmuş bir eğitim yardımcısıdır (Murray, Phelps ve Altabbak, 2018:42). Öğrenci uygulamada yer alan flaş kart bilgilerine ve sınav sorularına erişilebilecek ve bu uygulanan sınavların sonuçlarını "Hesabım" bölümünden görüntüleyebilecektir. Şekil 5 ve Şekil 6'da uygulamada yer alan soru sayfası ve flaş kart bilgi sayfası verilmiştir. Öğrenci, sınav sorularından en az birini yanlış yaparsa sistem tarafından başarısız sayılacak ve sistem öğrenciye kullanıcının çözdüğü sınav sorularının konusu ile ilgili video linki önerisinde bulunacaktır. Şekil 4'te öğrencinin sonuçlarını gördüğü sayfa görüntüsü verilmiştir.



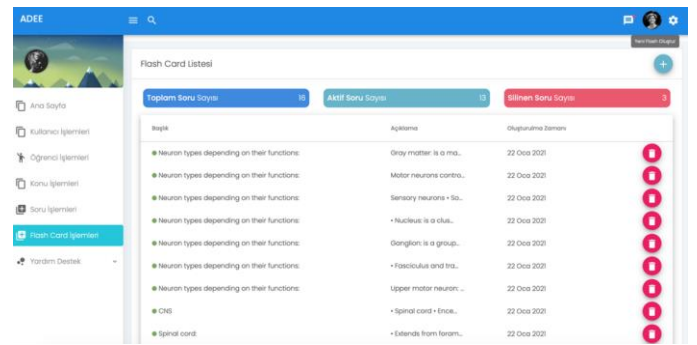
Şekil 5. Soru Sayfası



Şekil 6. Flash Kart Sayfası



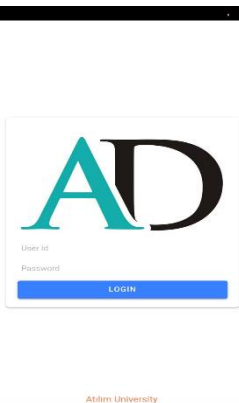
Şekil 7. Soru İşlemleri Sayfası



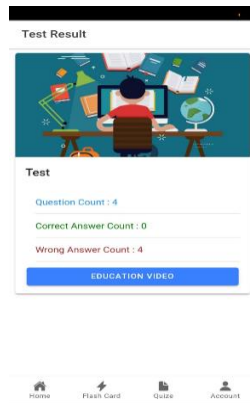
Şekil 8. Flaş Kart İşlemleri Sayfası

2.2.1. İşlevsel Olmayan Gereksinimler

Çalışmamızın mobil tarafı şu an için sadece Android cihazlar ile uyumludur. Uygulama açıldığında başlangıç ekranının yüklenmesi en fazla 5 saniye sürmektedir. Öğrencinin mobil tarafında yaptığı sınavların sonucu öğretim elemanının erişebildiği Web kısmına maksimum 30 saniye içinde görünür hale gelmektedir. Her öğretim elemanı sadece kendi öğrencisinin sonuçlarına erişilebilmektedir. Kullanıcı verileri arttığında, uygulama ve depolamanın gerçekleştirilme veya



Şekil 3. Giriş Sayfası



Şekil 4. Sonuç Sayfası

erişilebilirlik şeklini optimize eder ve bunları gecikmeden işler. Kullanıcı bilgileri (hem öğretim görevlisi hem de öğrenci için) şifrelenmiş dosyalarda ve içeriğine kolayca erişilemeyen özel bir dosya alanında saklanmaktadır. Mobil uygulamanın kullanımı öğretmenler ve öğrenciler tarafından kolaydır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu anket ile birlikte Atılım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon öğrencileriyle ADEE-1997 mobil uygulaması için bir ön hazırlık yapılmıştır. Anketin amacı; öğrenci grubunun "Nöroanatomi" dersi hakkındaki bilgi düzeylerini öğrenmek ve mobil uygulamanın öğrencilerin dersi anlamalarına katkı sağlayıp sağlamayacağını anlamaktır.

Ankette S1 (Yaşınız?), S2 (Cinsiyetiniz?) ve S3 (Sınıfınız?) demografik soruları içermektedir. S7 - S12 arasındaki sorular, Likert ölçeği ile hazırlanmıştır. Ankete toplam 48 gönüllü öğrenci katılmıştır. Ankete katılan öğrencilerin yaşları %10.4'ü 19, %27.1'i 20, %25'i 21 ve 22, %4.2'si 23 ve 34, %2.1'i 24 ve 25 olarak değişmektedir. Öğrencilerin çoğunluğu 20, 21 ve 22 yaşlarında olup, %41.7'si kadın, %58.3'ü ise erkektir. Bu orana bakılarak fizik tedavi ve rehabilitasyon bölümünde okuyan erkek öğrencilerin oranının kız öğrencilere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, öğrencilerin %87.5'i 2. sınıf, %8.3'ü 1.sınıf, %4.2'si 3.sınıfta okumaktadır.

S4 (Fonksiyonel Nöroanatomi konusunda yeterli bilgiye sahip olduğunuzu düşünüyor musunuz?) sorusuna öğrencilerin %72.9'u "Hayır" cevabını vermişlerdir. Bu nedenle ADEE-1997 uygulaması bu grubu hedef almaktadır.

S5 (Haftada kaç saat Anatomi dersi alıyorsunuz?) sorusuna verilen yanıtlar şaşırtıcıdır. Öğrencilerin %10.4'ü haftada 2 saat, %47.9'u haftada 3 saat, %20.8'i haftada 4 saat, %6.3'ü haftada 6 saat, %2.1'i haftada 7 saat anatomi dersi almaktadır. Bu sonuçlar kapsamında çalışmaya eşlik edecek öğrencilerin farklı sayılarda anatomi dersini almakta oldukları gözlemlenmiştir.

Öğrencilere anatomi çalışmaları için okul dışında haftada kaç saat harcadıkları sorulduğunda ise (S6) %18.8'i 1 saat, %35.4'ü 2 saat, %18.8'i 3 saat, %10.4'ü 4 saat, %4.2'si 6 saat, %2.1'i 7 saat, %4.2'si 8 saat, %2.1'i 10 saat ve kalan %4.2'si hiç vakit ayırmadıklarını söylemişlerdir. Bu sonuçlara göre yoğun olarak haftada 2 saat çalışan 17 öğrenci vardır ve sonuçlara bakıldığında 78 kişilik bir grupta çalışma saatleri net bir şekilde farklılık göstermektedir.

S7 (Anatomi dersine çalışırken veya sınavına hazırlanırken dersin kitaplarından yardım alırım.) sorusuna örneklemim %22.9 "kesinlikle katılıyorum", %33.3 "katılıyorum" derken %16.7 "fikrim yok", %18.8 katılmıyorum ve %8.3 ise "kesinlikle katılmıyorum" cevabını vermiştir. Anatomi eğitimi alırken öğrencilerin, internet ortamındaki kaynaklardan yardım alıp almadığı bir diğer önemli konudur.

S8'e (Anatomi dersine çalışırken sınavına hazırlanırken internetteki kaynaklardan yardım alırım.) öğrencilerin %35.4'ü "kesinlikle katılıyorum" ve %43.8 "katılıyorum" derken %6.3 "fikrim yok", %8.3 katılmıyorum ve %6.3 ise "kesinlikle katılmıyorum" cevabını vermiştir. Verilen cevaplara göre öğrencilerin büyük bölümü internet kaynaklarını kullanmaktadır. S7 ve S8'i karşılaştıracak olursak, S7'ye verilen olumsuz cevapların (katılmıyorum ve kesinlikle

katılmıyorum), anatomi dersine/sınavına hazırlanırken dersin kitaplarından yararlanmayan öğrencilerin çoğunun S8'e olumlu cevaplar (kesinlikle katılıyorum veya katılıyorum), yani anatomi dersine/sınavına hazırlanırken internetteki kaynaklardan yararlandıkları sonucuna varılmıştır.

S9'a (Anatomi dersine çalışırken veya sınavına hazırlanırken mobil uygulamalardan yardım alırım.) verilen cevapların ADEE-1997 uygulaması açısından büyük önem taşıdığı düşünülmektedir. Öğrencilerin %20.8 "kesinlikle katılıyorum" ve %22.9 "katılıyorum" derken %14.6 "fikrim yok", %20.8 "katılmıyorum" ve %20.8 ise "kesinlikle katılmıyorum" cevabını vermiştir. Öğrenciler bu soruya verdikleri katılıyorum ve katılmıyorum cevapları eşit sayıdadır.

S10'a (Anatomi dersine çalışırken veya sınavına hazırlanırken Youtube üzerinden videolar izlerim.) öğrencilerin %79.2'si olumlu cevap vermiştir. Bu yüzde katılımcı sayısının büyük bir çoğunluğunu temsil etmektedir ve ADEE-1997'de nöroanatomi ile ilgili "Youtube" linki önerileri verilmektedir. Bu nedenle uygulamanın katılımcıları memnun edeceği öngörülmektedir.

S11'e (Sınıf arkadaşlarım ile birlikte derse çalışırım/sınavına hazırlanırım.) verilen cevaplar sonucu katılımcıların arkadaşları ile sınav/derse çalışma oranının (%52.1) bireysel çalışma oranından fazla olduğu tespit edilmiştir. ADEE-1997 ile öğrencilerin bireysel çalışabilme oranlarının yükselmesi öngörülmektedir. Katılımcıların bilgi seviyesini ölçmek için hazırlanan anketin son sorusu

S12'ye, (Sinir sistemi anatomik organizasyonu konusunda hakimim) verilen cevapların %54.2'sinin konuya hakim olmadığı, %10.4'ünün fikri olmadığı ve geri kalan kısmın ise konu hakkında yeterli bilgi seviyesine sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışma, Nöroanatomi dersi alan öğrencilerin, konu eksikliklerini gidermeleri ve konuyu pekiştirmeleri için tasarlanan ADEE-1997 Mobil Uygulaması ile birlikte ilk incelemesinin gerçekleştirilmesi açısından dikkate değerdir. Bu tür uygulamalar incelenerek Nöroanatomi dersi müfredatlarında ve uygulamalarında kullanılmak üzere öğrencilere tavsiye edilmesi önerilir. Çalışmada mobil öğrenme yaklaşımıyla daha çok öğrencilerin bireysel öğrenimine odaklanılmıştır. Uygulama öğrencilere esnek ve bireysel bir öğrenme ortamı sunduğundan bu tür uygulamaların uzaktan eğitim ders kitaplarıyla bütünleştirilmesi de düşünülebilir. Çalışmanın planlanan son test aşamasında, ön test ile elde edilen sonuçlar ve öğrencilerin geribildirimleri göz önüne alınarak çalışmanın devamlılığının sağlanacağı düşünülmektedir. Araştırmanın geliştirilmiş olan bölümlerinde Yapay Zekâ, Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik gibi günümüzde öne çıkan birçok teknolojinin de çalışmaya entegrasyonunun sağlanması hedeflenmektedir.

5. Teşekkür

Çalışma için gerekli ders materyallerini sağlayan Atılım Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Dr. Öğr. Üyesi Hale Öktem'e, anket çalışmamıza destek veren Arş. Gör. Sena Nur Begen'e ve arayüz tasarımlarında destek sağlayan Ali Emre Yağcı'ya teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Biswas, B., Roy, S. K. & Roy, F. (2020). Students Perception of Mobile Learning during COVID-19 in Bangladesh: University Student Perspective. *Aquademia*, 4(2), ep20023. <https://doi.org/10.29333/aquademia/8443>
- Briz-Ponce, L., Juanes-Méndez, J. A., García-Peñalvo, F. J., & Pereira, A. (2016). Effects of Mobile Learning in Medical Education: A Counterfactual Evaluation. *Journal of medical systems*, 40(6), 136. <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0487-4>
- Demirtaş, İ., Onay, T. ve Günerigök, F. (2019). Anatomi Eğitimi İçin Geliştirilmiş Mobil Uygulamalar. *İstinye Üniversitesi*, 41-49.
- Hisam, A., Shafique, M. U., Khurshid, M. N., Hamza, A., Asad, M. B., & Shakeel, T. (2019). Usage and Types of Mobile Applications amongst Medical Students of Pakistan and its Association with their Academic Performance. *University of Pakistan.*, 35 (2), 432-436. doi: 10.12669/pjms.35.2.672
- Kurniawan, M. H., Suharjito, Diana & Witjaksono, G. (2018). Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. *Procedia Computer Science* Volume 135, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.152>
- Martinez-Arnau, F., Zarzoso, M., Espi, G., Alakhdar, Y., Zurriaga, L., Benitez-Martinez, J. & Granell, J.C (2014). Mobile Resources for Access to the Audiovisual Information in Physiotherapy Studies at the University of Valencia. *University of Valencia*.
- Murray, S., Phelps, J. & Altabbakh, H. (2018). Enhancing Exam Prep with Customized Digital Flashcards. *Journal of STEM Education*, 19(4), 42-45.
- Nainggolan, F.L., Siregar, B. & Fahmi, F. (2016). Using Leap Motion Controller, Faculty of Computer Science and Information Technology, Department of Electrical Engineering, University of Sumatera Utara, Medan, Indonesia. 465-470. doi: 10.1109/ICCOINS.2016.7783260
- Rusdianto & Qashlim, A. (2016). Implementasi Algoritma Md5 Untuk Keamanan Dokumen. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar* 2, 2, 10-15.
- Steel, C. H. (2012). Fitting learning into life: Language Students' Perspectives on Benefits of Using Mobile Apps, 875-880.
- Trifonova, A. (2003). Mobile Learning - Review of the Literature. *Informatica e Telecomunicazioni*, University of Trento, DIT-03-009.
- Turan, İ , Şimşek, Ü. ve Aslan, H. (2015). Eğitim Araştırmalarında Likert Ölçeği ve Likert-Tipi Soruların Kullanımı ve Analizi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* , 0 (30) , 186-203. Erişim adresi <https://dergipark.org.tr/pub/sakaefd/issue/11235/134252>
- Yu, Z. & Abelardo, P. (2017). Evolving the Design of a Mobile Application to Support Transition to Tertiary Education. *University of Sydney*. Volume 4(25), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fict.2017.00025>



İşitme Engellilere Yönelik Çevresel Ses Yönü Tespit Sistemi

Ahmet Reşit Kavsaoglu^{1*}, Hasan Camcı²

^{1*} Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4380-9075), kavsaoglu@karabuk.edu.tr

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID 0000-0002-7743-1277), hasancmci@hotmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952011)

ATIF/REFERENCE: Kavsaoglu, A.R., & Camcı, H., (2021). İşitme Engellilere Yönelik Çevresel Ses Yönü Tespit Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 203-207.

Öz

İşitme engelli bireyler günlük hayatta birçok problemle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu problemlerin başında sesin nereden geldiğinin tespit etmekte güçlük çekilmesi gelmektedir. Bu çalışmada, işitme engelli bireylerin çevresel ses kaynaklarını algılamalarına yönelik bir ses yönü tespit sistemi önerilmektedir. Önerilen bu sistemde insan kafa yapısı model alınarak kafa mankeni kulaklarına yerleştirilen iki adet mikrofon kullanılmaktadır. Bu mikrofonlar aracılığıyla kaydedilen çevresel ses verileri USB ses kartları aracılığıyla LattePanda tek kart bilgisayara aktarılmaktadır. Aktarılan bu ses verileri filtreleme ve normalizasyon işlemlerinden geçirilerek on beş adet öznitelik oluşturulmaktadır. Bu öznitelikler çevresel sekiz farklı bölgeden alınan ses verileri için ayrı ayrı elde edilmektedir. Çevresel ses kaynağı bir BlueTooth hoparlör ile kafa mankeni etrafındaki sekiz farklı bölgeye ayrılmış platform ortamı kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu çevresel ses kaynağı kullanılarak her bir bölge içerisinde üç farklı konum ve bu konumlarda dört farklı ses seviyesi olmak üzere her bir bölge için on iki farklı ses kaydı ile veri seti oluşturulmaktadır. Bu veri setini oluşturmak için C# programlama dilinde bir arayüz tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu arayüz, sistem modeli iyileştirilmesi ve geliştirilmesine yönelik veri seti hazırlamak için farklı denemelerin yapılabilmesini sağlamaktadır. Hazırlanan bu veri seti ML.NET kütüphanesinde bulunan karar ağaçları, lineer destek vektör makinesi, olasılıksal dereceli azalma, tek katmanlı ve çok katmanlı Perceptron algoritmaları kullanılarak sistem modelleri oluşturulmaktadır. Bu modeller karşılaştırıldığında performans değerlendirmesinde en başarılı sonuç tek katmanlı Perceptron algoritması ile oluşturulan sistem modeli olmuştur. Tek katmanlı Perceptron algoritması ile oluşturulan model %87,5 başarı oranıyla çevresel ses yönü tespit etmektedir. Elde edilen sonuçlar, işitme engellilere yönelik çevresel ses yönü tespit sisteminin gelecek için umut vaat ettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ses yönü bulma, Sınıflandırma, Makine öğrenmesi, Perceptron algoritması, ML.NET.

Surround Sound Direction Detection System For The Hearing Impaired

Abstract

Hearing-impaired individuals face many problems in daily life. One of these problems is the difficulty in determining where the sound is coming from. In this study, a sound direction detection system is proposed for hearing impaired individuals to perceive surround sound sources. In this proposed system, two microphones are used, which are placed on the ears of the head manikin, taking the human head structure as a model. Surround sound data recorded by these microphones are transferred to a LattePanda single card computer via USB sound cards. Fifteen features are created by filtering and normalizing these transmitted sound data. These features are obtained separately for sound data from eight different surrounding regions. The surround sound source is created using a BlueTooth speaker and a platform environment divided into eight different regions around the head manikin. Using this surround sound source, a data set is created with twelve different sound recordings for each region, with three different locations in each region

* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4380-9075, kavsaoglu@karabuk.edu.tr

and four different sound levels at these locations. An interface has been designed in the C # programming language to create this data set. This interface enables different trials to be made to prepare a data set for system model improvement and development. System models are created using decision trees, linear support vector machine, stochastic gradient descent, single-layer and multi-layer Perceptron algorithms in the ML.NET library. When these models are compared, the most successful result in performance evaluation has been the system model created with the single-layer Perceptron algorithm. The model created with the single-layer Perceptron algorithm determines the surrounding sound direction with a success rate of 87.5%. The results obtained show that the surround sound direction detection system for the hearing impaired is promising for the future.

Keywords: Finding sound direction, Classification, Machine learning, Perceptron algorithm, ML.NET.

1. Giriş

Türkiye’de işitme engelli yaklaşık 3 milyon kişi vardır. Dünya da ise bu sayının 76 milyon olduğu düşünülmektedir. Ancak bu sayıya işitme güçlüğü çekenlerin sayısının eklenmesiyle 500 milyon insanın günlük hayatta işitme problemleri ile karşı karşıya kaldığı bununla beraber hem sosyal hem psikolojik olarak yaşam kalitesinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. İşitme engelli bireyler için seslerin nereden ve hangi kaynaktan geldiğinin bilinmesi buna bağlı olarak da hem gelebilecek olan tehlikelere karşı önlem alınması hem de bireyler arası iletişimin sağlanması işitme engelli bireyler için hayati öneme sahiptir (Xue & Qin, 2011; Yıldız, 2018; Yoo & Yook, 2008).

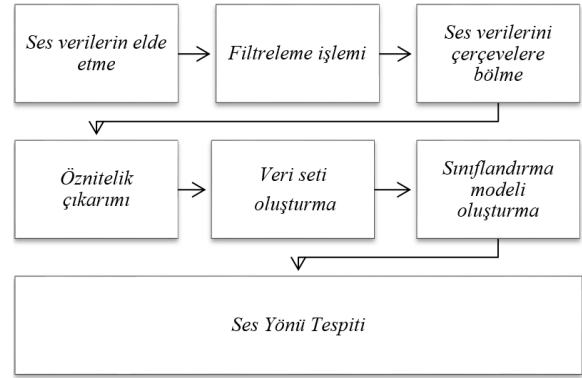
İşitme engelli bireyler günlük hayatta birçok problemle karşı karşıya kalmaktadır. İşitme engelli bireylerin bu problemlere karşı gerekli tepkiyi verememesinden dolayı birçok iletişim ve gündelik problemler ortaya çıkmaktadır. 68 işitme engelli ve 68 sağlıklı çocuk ile gerçekleştirilen bir çalışmada Kid-KINDL yaşam kalitesi ölçeğine göre işitme engelli çocukların yaklaşık olarak yaşam kalitesinin %15 daha az olduğu görülmektedir (Ekim & Ocağcı, 2012). Yapılan bu çalışma ile bahsedilen problemleri giderebilmek ve işitme engelli bireylerin hayat kalitesini yükseltebilmektir.

Sesin nereden geldiğinin bilinmesi sadece işitme engelli bireylerde değil savunma sanayiinde ateşli silahların tespitinde, deprem gibi afetlerden sonra enkaz altında kalan kişilerin tespitinde, kalabalık içerisinde konuşan kişi tespitinde de kullanılabilir (Galangue & Guirnaldo, 2019; Okuyama ve diğerleri, 2002). Sesin yönünün belirlenmesindeki ana unsurların başında kulak ve kulağın anatomik yapısı gelmektedir. Canlıların aynı mesafeden gelen farklı yöndeki ses kaynaklarını görmeden yönünü tespit edebilmeleri bu anatomik yapıdan kaynaklanmaktadır (Helvacı, 2005; Yağanoğlu, 2018).

Bu çalışmada çevresel ses yönü tespitine yönelik Şekil 1’de blok şeması verilen sistem tasarımı gerçekleştirilmektedir. Tasarlanan bu sistem iki mikrofon aracılığıyla ses verilerinin elde edilmesi, elde edilen verilere ön işleme aşamasında filtreleme yapılması, filtrelenen verileri 8 saniye aralıklarla çerçevelere bölünmesi, özniteliklerin çıkarılması, veri seti oluşturma, sınıflandırma modeli oluşturma ve sesin geldiği yönün tespit edilmesi işlemlerinden oluşmaktadır.

Bu çalışmanın gerçek hayata uyarlanabilmesi için yapay ortamda kullanılan mikrofon yapısı ile insan kulak yapısı benzerliği ön plana çıkmaktadır. Mikrofon ses algılama işlevini yön tayini yapmaksızın gerçekleştirirken, insan kulağı ise anatomisi gereği (kulak kepçesi, kulak memesi, orta kulak yolu vb.) ses yönü tayinini sağ-sol, ön-arka ilişkisi içerisinde tespit edebilmektedir (Litovsky ve diğerleri, 2006). Bu çalışmada canlılarda doğal olarak bulunan bu işitme sisteminden

esinlenilerek çevresel ses yönü tespit edebilen yapay bir sistem geliştirilmektedir.



Şekil 1. Sistemin tasarımı blok şeması

2. Materyal ve Metot

Sesin yönünü tespit etmede büyük öneme sahip olan kulak kepçesi dış kulakta bulunmaktadır. Dış kulak, kulak kepçesi ile kulak kanalından oluşmaktadır. Kulak kepçesi kendine has şekli sayesinde sesin oluşturduğu hava basınç farklılığını toplamaktan ve gelen sesleri kulak içerisine aktarmaktan sorumludur. Sesin gelme yönünü ayırt etmemizi sağlayan bu yapı da kulak kepçesine gelen dalgalar kulak zarına ulaşmak için yaklaşık 2 cm uzunluğunda kulak kanalından geçerler. Bu iletim sırasında, kulak kanalı ve kulak kepçesinin yapısından dolayı, özellikle 3 kHz frekanslardaki ses dalgaları, şiddetleri artırılarak orta kulağa gönderilir. Ses dalgaları, kulak zarına çarparak titreşmesine neden olurlar ve iç kulakta bulunan salyangoz yapısı sayesinde beyne elektriksel ileti gönderilir ve bu sistem sayesinde işitme gerçekleştirilmektedir (Belgin, 2004; Litovsky ve diğerleri, 2006)

Sağlıklı bireylerde çevresel ses yönünün tespitinde kulak ile beyin arasındaki işitme sistemi bu çalışmada oluşturulan yapay sistemde mikrofon ve LattePanda tek kart bilgisayar kullanılarak sağlanmaktadır. Şekil 2’de tasarlanan sistemin prototip şeması deney platformu, kafa mankeni, mikrofonlar, USB ses kartları, çevresel ses kaynağı olarak bir BlueTooth hoparlör ve LattePanda tek kart bilgisayardan oluşmaktadır. Çevresel ses kaynağı kafa mankeni etrafında 1’den 8’e kadar numaralandırılmış bölgeler üzerinde gezdirilerek ses sinyali oluşturmaktadır. Mikrofonlar ve ses kartları aracılığıyla bu ses sinyalleri LattePanda tek kart bilgisayara aktarılmaktadır. LattePanda tek kart bilgisayarda yüklü bulunan C# arayüz tasarımı ile ses sinyallerinden elde edilen öznitelikler gerçek zamanlı görüntülenmekte ve yapılan sınıflandırma sonuçlarına göre örneğin Şekil 2 ‘de ekran üzerinde birinci bölgede gösterilen yeşil dairenin 1’den 8’e kadar olan bir bölgede gösterimi gerçekleştirilmektedir. Sınıflandırma modeli oluşturmak için C#’da bulunan ML.NET kütüphanesi kullanılmaktadır.



Şekil 2. Tasarlanan sistem prototip şeması

2.1. Veri Seti

Oluşturulan eğitim kümesi, kullanılacak modele uygun ve veri kümelerini ayırt edebilecek özelliklere sahip olmalıdır (Ho ve diğerleri, 2020). Mikrofonlar aracılığıyla elde edilen ham ses verileri filtreleme ve öznitelik çıkarımı aşamalarından geçirilerek makine öğrenmesi için elverişli veriler haline getirilmiştir. Bu çalışmada sol ve sağ mikrofon farklarının aritmetik ortalaması, standart sapması ve mutlak değerleri olmak üzere 3 öznitelik, sol ve sağ mikrofonlar için ayrı ayrı hesaplanan ortalama değer, standart sapma değeri, medyan ve mod değerleri olmak üzere 8 öznitelik, yine sol ve sağ mikrofonlar için ayrı ayrı ses verilerinin baştan ve sondan %10'luk kısmı hariç aralığından hesaplanan aritmetik ortalama değerleri, standart sapma değerleri olmak 4 öznitelik, toplamda 15 öznitelik oluşturulmaktadır.

Veri seti oluşturulurken Şekil 2'de gösterilen platform üzerindeki 1'den 8'e kadar bölgelere çevresel ses kaynağı olarak taşınabilir Bluetooth hoparlör yerleştirilerek mikrofona gelen ses verileri 8'er saniyelik aralıklarla kaydedilmektedir. Literatürde bir çalışmada, veri kümesi analizi yapılacak sesin, olabildiğince farklı durum versiyonları içinde bulunmasından bahsetmektedir (Saltalı, 2015). Bu çalışmada da Bluetooth hoparlör her bölge içinde 3 ayrı konumda ve her konumda 4 farklı ses seviyesinde olacak şekilde ses verileri kaydedilerek toplamda tüm bölgeler dahil 96 farklı ses kaydı gerçekleştirilmiştir. Böylelikle veri seti 15 öznitelik, 1 bölge etiketi ve 96 deneme olmak üzere 96x16 matristen oluşmaktadır. C# programlama dili kullanılarak oluşturulan arayüzde elde edilen verileri tutabilmek ve görüntüleyebilmek için "DataGridView" kontrolü kullanılmaktadır. DataGridView kullanıcılara satır ve sütunlardan oluşan özelleştirilebilir tablo oluşturma imkanı sağlamaktadır. Bu çalışmada da verileri makine öğrenmesi için uygun olan Excel formatına aktarmadan önce görüntülenebilmesi için kullanılmıştır. Şekil 3'te 8 bölge için 15 adet özneliğin çıkarılmış "DataGridView" görüntüsü gösterilmektedir.

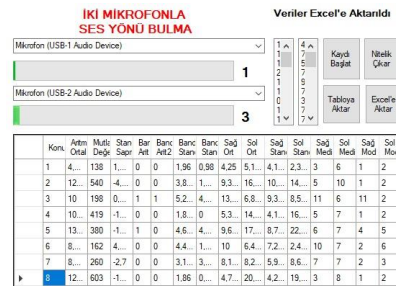
Konu	Arım Ortal.	Mutl. Değr.	Stan. Sapn.	Banc. Art1	Banc. Art2	Banc. Stan.	Banc. Stan.	Sağ. Ort.	Sol. Ort.	Sağ. Stan.	Sol. Stan.	Sağ. Medi.	Sol. Medi.	Sağ. Mod.	Sol. Mod.
1	4.0...	160	-1...	1	1	1...	1.2...	1.7...	6.3...	1...	3.4...	2	5	0	3
2	5.7...	333	-3...	0	0	0...	0	0.7...	10...	1...	4.4...	0	9	0	5
3	5.53	189	-0...	2	0	1...	1.0...	2.6...	8.3...	1...	1.9...	3	9	3	3
4	6.3...	258	-5...	3	1	1...	1.3...	3.0...	9.6...	2...	7.7	3	10	0	2
5	10...	398	3.1...	2	2	4...	2.8...	5.1...	16...	7...	3.9...	1	18	1	20
6	15...	276	7.2...	13	22	10...	9.9...	11...	19...	9...	2.03	14	20	1	21
7	13...	254	-5...	22	11	2.42	2.1...	17...	9.3...	3...	8.77	18	14	20	20
8	17...	44	-3...	22	22	1...	1.3...	18...	17...	2...	5.7...	19	19	20	20

Şekil 3. Çalışmada kullanılan DataGridView kontrolünün görüntüsü

DataGridView'e aktarılan veriler C# programlama dilindeki paketlerden "Microsoft.Office.Interop.Excel." paketi kullanılarak Excel'e aktarılmaktadır. Excel'e aktarılan veriler makine öğrenmesi için kullanılacak C#'daki "ML.NET Model Builder" arayüzüne uygun olan ".csv, .tsv veya .txt" formatlarından ".csv" formatına kolaylıkla dönüştürülebilmektedir. Veri seti bahsedilen format ile makine öğrenmesinde model oluşturabilmeye hazır hale getirilmektedir.

2.2. Arayüz

Bu çalışmada daha önce bahsedilen 96 satır (denemeler) ve 16 adet sütun (öznitelikler ve etiket) dan oluşan veri seti C# programlama dilinde oluşturulan arayüz ile elde edilmektedir. C# programlama dilinde tasarlanan bu arayüz Şekil 4'de gösterilmektedir. Tasarlanan arayüz sayesinde ön işleme, öznitelik çıkarma ve veri seti oluşturma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Arayüzdeki "Kaydı Başlat" butonu Bluetooth hoparlör herhangi bir bölgede konumlandırıldığında her deneme için 8'er saniyelik kaydı başlatmada kullanılmaktadır. Kayıt sonrası "Nitelik Çıkar" butonu ile elde edilen verilerden 15 adet öznitelik çıkartılmaktadır.



Şekil 4. Tasarlanan arayüz

Her denemede çıkartılan öznitelikleri veri setine eklemek için Arayüzdeki "Tabloya Aktar" butonuna basılır. Tüm denemeler bittiğinde veri seti tamamlanmış olmakta ve makine öğrenmesinde model oluşturmak için Arayüzdeki "Excel'eAktar" butonuna basılarak veri seti *.csv uzantılı olarak dışarı aktarılmış olur. ML.NET Model Builder ile bu veri seti kullanılarak en uygun sistem modeli elde edilmektedir. Sonrasında bu model kullanılarak çevresel ses yön tespiti gerçekleştirilebilmekte ve Arayüzdeki yeşil daire mikrofon etrafındaki 8 bölgeden birinde gösterilmektedir.

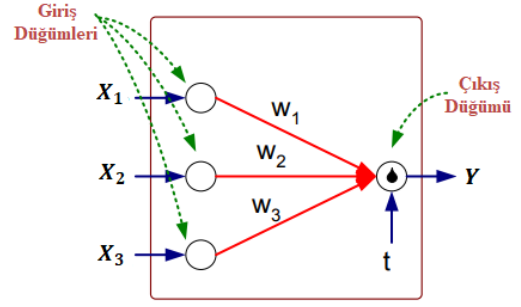
2.3. Perceptron Modeli

Sınıflandırma, makine öğrenmesinin popüler ve temel görevlerinden biridir (Harrington, 2012). Sınıflandırma, bilgisayara verilen öğrenme kümesi veri setine göre eğitilen modelin sonrasında yeni verileri sınıflandırmak için bu modelin kullanıldığı gözetimli öğrenme yaklaşımıdır. Sınıflandırmada elde edilen veriler kullanılarak sistemin hem eğitilmesi hem de başarısının tarafsız bir şekilde ölçülmesi gerekir (Tan ve diğerleri, 2018). Bu başarı ölçümü ise “sınama kümesi” adı verilen öğrenme kümesinde yer almayan verilerin model kullanılarak incelenmesi ve doğru sınıflandırılmış örneklerin toplam sınama kümesi örneklerine oranı olarak ölçülür (Mallet ve diğerleri, 2000). Makine öğrenmesinde kullanılan modelin başarı yüzdesi ne kadar yüksekse modelin performansı da o kadar iyi kabul edilir. Makine öğrenmesi uygulamalarında birçok sınıflandırma algoritmaları yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır: Karar ağaçları, Naïve Bayes sınıflandırıcıları, lojistik regresyon, k-en yakın komşu algoritmaları, yapay sinir ağları vb. Bu yöntemlerden kullanılacak olan verilere en uygun olanı tercih edilmelidir. Bu çalışmada kullanılacak verilere en uygun ve en yüksek başarı oranı sağlayacak algoritma ML.NET Model Builder tarafından belirlenmektedir.

Sınıflandırma işlemi model oluşturma, model değerlendirme ve modeli kullanma olarak üç aşamadan oluşur. Bu çalışmada bu aşamalar C# programlama dilindeki ML.NET kütüphanesinin ML.NET Model Builder arayüzü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ML.NET Model Builder ile öğrenme veri kümesi için en başarılı algoritmanın “Perceptron” öğrenme algoritması olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kullanılan “Perceptron” algoritması en basit yapay sinir ağları modeli, yapay sinir ağları ise en çok tercih edilen makine öğrenmesi algoritmasıdır. Gözetimli bir öğrenme algoritması olan Perceptron algoritması yapay sinir ağları için önemli bir temel oluşturmaktadır (Holmes, 2013).

Perceptron modeli giriş ve çıkış değerleri katmanlarından oluşmaktadır. İleri beslemeli yapay sinir ağı modeli ve giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü işlem gerçekleştiren bir yapıya sahiptir. Perceptron modelinde hata oranı ise çıktı verisi ile hedef veri arasındaki fark olarak kabul edilmektedir. Hata oranı, giriş değerlerine verilen ağırlık değerlerinin doğru değerler olmamasından kaynaklanmaktadır. Ağırlık değerlerinin hata oranı azaltılana kadar eğitilmesi ve buna göre yenilenmesi gerekmektedir. Perceptron algoritmasında eşik değeri en önemli kısımdır. Eşik değeri, sınıflandırmanın başarılı olduğunu belirleyen faktördür. Eşik değeri, giriş değerleri ile ağırlık değerlerinin çarpımı sonucunda çıkan değer 1 veya 0 olarak döndürüleceğini belirlemektedir. Eğer giriş değerleri ile ağırlık değerlerinin çarpımları toplamı eşik değerinden büyükse 1, küçükse 0 değeri döndürülmektedir. Şekil 5’de X_1 , X_2 ve X_3 ile gösterilen değerler giriş değerlerini; W_1 , W_2 ve W_3 ile gösterilen değerler ise ağırlık değerlerini; t değeri en önemli faktör olan eşik değerini; Y değeri ise çıktı değerini gösterir. Eşitlik 1’de perceptron modelinin matematiksel gösterimi görülmektedir.

$$Y = I(\sum_i w_i X_i - t) \text{ veya } Y = \text{sign}(\sum_i w_i X_i - t) \quad (1)$$



Şekil 5. Perceptron modeli (Tan ve diğerleri, 2018)

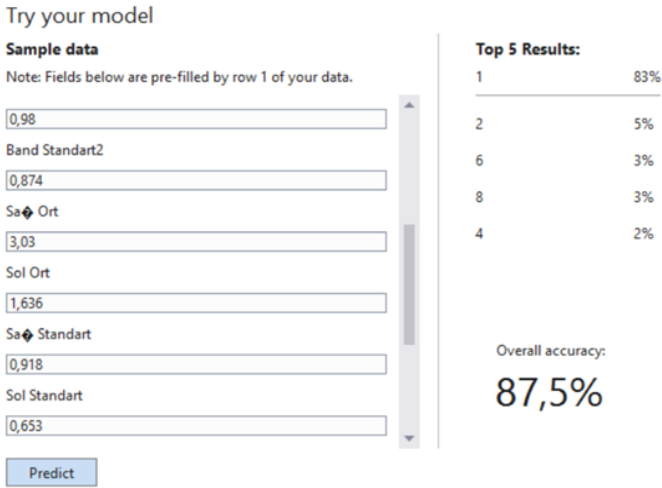
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada oluşturulan sistem prototipinde kafa mankeni etrafındaki 8 farklı bölgeden BlueTooth hoparlör her bölge içinde 3 ayrı konumda ve her konumda 4 farklı ses seviyesinde olacak şekilde ses verileri kaydedilerek oluşturulan veri seti ML.NET Model Builder kullanılarak makine öğrenmesi modelleri oluşturulmuştur. Bu modellerden en yüksek başarı oranı sağlayan algoritmalarından beş tanesi sırasıyla tek katmanlı perceptron, doğrusal destek vektör makinesi, olasılıksal dereceli azaltma, çok katmanlı perceptron ve karar ağaçları algoritmaları olmuştur. Tablo 1 ‘de veri setine uygulanan algoritmalar ve başarı oranları gösterilmektedir.

Tablo 1. Veri Setine Uygulanan Algoritmalar ve Başarı Oranları

Denenen Algoritma	Başarı Yüzdesi %
Tek Katmanlı Perceptron	%87,5
Doğrusal Destek Vektör Makinesi	%85,3
Olasılıksal Dereceli Azaltma	%81,8
Çok Katmanlı Perceptron	%79,1
Karar Ağaçları	%77,8

Bu çalışmada öğrenme kümesi kullanılarak oluşturulan ve %87,5 başarı yüzdesine sahip model, öğrenme kümesinde yer almayan yeni veriler kullanılarak test edilmiştir. Modele “sınama kümesi” olarak da isimlendirilebilecek sınıf değerleri bilinen veriler girilmiş ve girilen veriler neticesinde döndürülen sınıf değerlerinin sınama kümesindeki sınıf değerleriyle aynı olduğu gözlemlenmiştir. ML.NET Model Builder kullanılarak oluşturulan makine öğrenmesi modeli, Şekil 6’da görüldüğü gibi girilen nitelik değerleri sonucunda %83 başarı yüzdesiyle “Konum” değeri 1 olarak adlandırılan bölgeyi, diğer bir deyişle çevresel sesin geldiği bölgeyi tespit edebilmektedir. Bu çalışmanın tüm bölgeler için genel başarı yüzdesi %87,5 olmaktadır.



Şekil 6. ML.NET Model Builder model deneme sayfası

4. Sonuç

Bu çalışmada, işitme engelli bireylerin çevresel ses kaynaklarını algılamalarına yönelik bir ses yönü tespit sistemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen bu sistem kafa mankeni kulaklarına yerleştirilen iki adet mikrofon, çevresel ses kaynağı olarak BlueTooth hoparlör, kafa mankeni etrafında sekiz farklı bölgeye ayrılmış platform, USB ses kartları ve LattePanda tek kart bilgisayar kullanılarak tasarlanmıştır. Veri seti oluşturmak için C# programlama dilinde bir arayüz tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu arayüz ile elde edilen veri seti ML.NET kütüphanesinde bulunan karar ağaçları, lineer destek vektör makinesi, olasılıksal dereceli azalma, tek katmanlı ve çok katmanlı Perceptron algoritmaları kullanılarak sistem modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modeller karşılaştırıldığında performans değerlendirmesinde en başarılı sonuç tek katmanlı Perceptron algoritması ile oluşturulan sistem modeli olmuştur. Tek katmanlı Perceptron algoritması ile oluşturulan bu sistem modeli ile %87,5 başarı oranıyla çevresel ses yönü tespit edilmektedir.

Kaynakça

- Belgin, E. (2004). *Çalışma yaşamında gürültü ve işitmenin korunması: İşitme Fizyolojisi*. Türk Tabipler Birliği Yayınları.
- Ekim, A., & Ocakçı, A. (2012). 8-12 yaş arası işitme engelli çocuklarda yaşam kalitesi. *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 11(1), 17-23.
- Galangue, C. M. J., & Guirmaldo, S. A. (2019). Gunshot classification and localization system using artificial neural network (ANN). *Proceedings of 2019 International Conference on Information and Communication Technology and Systems*, ICTS 2019, 98-102. <https://doi.org/10.1109/ICTS.2019.8850937>
- Harrington, P. (2012). *Machine Learning in Action*. Manning Publications Co.
- Helvacı, A. (2005). Anatomik Yapıların Sesin Harmonik Yapısı ve Tını Değişiklikleri Üzerindeki Etkileri. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 123-134.
- Ho, S. Y., Phua, K., Wong, L., & Bin Goh, W. W. (2020). Extensions of the External Validation for Checking Learned Model Interpretability and Generalizability. *Patterns*, 1(8). <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100129>
- Holmes, J. H. (2013). Knowledge Discovery in Biomedical Data: Theory and Methods. *Methods in Biomedical e-ISSN: 2148-2683*

- Informatics: A Pragmatic Approach*, 179–240. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-401678-1.00007-5>
- Litovsky, R. Y., Johnstone, P. M., & Godar, S. P. (2006). Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *International Journal of Audiology*, 45(1), 78-91. <https://doi.org/10.1080/14992020600782956>
- Mallet, Y., Coomans, D., & de Vel, O. (2000). Application of adaptive wavelets in classification and regression. *Data Handling in Science and Technology*, 22(1), 437–456. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0922-3487\(00\)80043-X](https://doi.org/10.1016/S0922-3487(00)80043-X)
- Okuyama, F., Takayama, J.-Y., Ohya, S., & Kobayashi, A. (2002). A study on determination of a sound wave propagation direction for tracing a sound source. *Proceedings of the 41st SICE Annual Conference*. SICE 2002., 1102-1104.
- Saltalı, İ. İ. (2015). *Sahne Analizi için Ses Kaynağı Tespiti*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tan, P., Steinbach, M., Karpatne, A., & Kumar, V. (2018). *Introduction to data mining* (2nd Edition). Artificial Neural Networks
- Xue, H., & Qin, S. (2011). Mobile motion gesture design for deaf people. *The 17th International Conference on Automation and Computing*, 46-50.
- Yağanoğlu, M. (2018). *Duyuma Engelliler için Giyilebilir Titreşim Tabanlı Ses Tanıma Uygulamaları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Yıldız, D. Z. (2018). İşitme engelli turizmi (sessiz turizm): Dünya ve Türkiye. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 103-117. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.339776>
- Yoo, I. C., & Yook, D. (2008). Automatic sound recognition for the hearing impaired. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 54(4), 2029-2036.



Fetal Movement Detection and Anatomical Plane Recognition using YOLOv5 Network in Ultrasound Scans

Emre Dandıl^{1*}, Musa Turkan², Furkan Ertürk Urfalı³, İsmail Bıyık⁴, Mehmet Korkmaz⁵

¹ Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399)

² Bilecik Seyh Edebali University, Institute of Graduate, Department of Computer and Electronics Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0002-4370-7474)

³ Kütahya Health Sciences University, Evliya Çelebi Training and Research Hospital, Department of Radiology, Kütahya, Turkey (ORCID: 0000-0002-4875-7761)

⁴ Kütahya Health Sciences University, Evliya Çelebi Training and Research Hospital, Department of Obstetrics and Gynecology, Kütahya, Turkey (ORCID: 0000-0001-6111-9302)

⁵ Kütahya Health Sciences University, Evliya Çelebi Training and Research Hospital, Department of Radiology, Kütahya, Turkey (ORCID: 0000-0001-6234-9484)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951786)

ATIF/REFERENCE: Dandıl, E., Turkan, M., Urfalı, F. E., Bıyık, İ. & Korkmaz, M. (2021). Fetal Movement Detection and Anatomical Plane Recognition using YOLOv5 Network in Ultrasound Scans. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 208-216.

Abstract

Analyzing medical images and videos with computer-aided algorithms provides important benefits in the diagnosis and treatment of diseases. Especially in recent years, the increasing developments in deep learning algorithms have provided continuous improvement in subjects such as speed, performance and hardware need in the processing of medical data. Examination of medical data, which may require advanced expertise, using deep learning algorithms has begun to be widely used as a secondary tool in the decision-making process of physicians. Tracking the movements of the fetus and recognizing its planes in ultrasound (US) videos is an important parameter in evaluating the health of the baby. In this study, a YOLOv5 deep learning network based method is proposed to identify fetal anatomical planes from fetal ultrasound and to detect their movements. First of all, a dataset of videos containing 16-20 weeks of fetal movements is created in the study. In the next step, the fetal head, arm, heart and body are identified and tracking using the deep-SORT algorithm on the labeled data. In the experimental studies conducted on ultrasound videos within the scope of the study, using the YOLOv5 algorithm, head, body, heart and arm are recognized with 95.04%, 94.42%, 88.31% and 83.23% F1-score, respectively. In addition, ultrasonic video movements of the head, heart and body of the fetus are followed and the trajectories and patterns of the movements are extracted. Thus, the detection of fetal movements from the movement patterns transformed into a two-dimensional plane is achieved.

Keywords: Fetus, Ultrasound video, Deep learning, Anatomical plane recognition, Fetal movement detection, YOLOv5, Deep-SORT algorithm, Object tracking.

Ultrason Taramalarında YOLOv5 Ağı Kullanarak Anatomik Yapıların Tanınması ve Fetüs Hareketlerinin Tespiti

Öz

Tıbbi görüntülerin ve videoların bilgisayar destekli algoritmalar ile analiz edilmesi, hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli faydalar sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda, derin öğrenme algoritmalarındaki artan gelişmeler, medikal verilerin işlenmesinde hız, performans ve donanım ihtiyacı gibi konularda sürekli iyileşme sağlamıştır. İleri derece uzmanlık gerektirebilen medikal verilerin inceleme işlemlerinin derin öğrenme algoritmalarıyla yapılması, hekimlerin karar verme aşamasında ikincil bir araç olarak yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Ultrason (US) videolarında fetüsün hareketlerinin izlenmesi ve anatomik yapıların tanınması bebek sağlığının değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Bu çalışmada, fetüs ultrasonundan fetüs anatomik yapıların tanınması ve hareketlerinin tespiti için YOLOv5 derin öğrenme ağı destekli bir yöntem önerilmektedir. Çalışmada öncelikle, 16-20 haftalık fetüs hareketlerini içeren videolardan bir veriseti oluşturulmuştur. Sonraki aşamada, etiketlenen veriler üzerinde deep-SORT algoritması kullanılarak, fetüse ait kafa, kol, kalp ve gövde kimliklendirilmiş ve takip edilmiştir. Çalışma kapsamında ultrason videolarında

* Corresponding Author: Bilecik Seyh Edenali University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399), emre.dandil@bilecik.edu.tr

yürütülen deneysel çalışmalarda, YOLOv5 algoritması kullanılarak, kafa, gövde, kalp ve kol anatomik yapıları, sırasıyla %95.04, %94.42, %88.31 ve %83.23 F1 skoru ile tanınmıştır. Ayrıca, fetüse ait kafa, kalp ve gövdenin ultrasonik video hareketleri takip edilerek, hareketlerin yörüngeleri ve örüntüleri çıkarılmıştır. Böylece, iki boyutlu düzleme dönüştürülen hareket örüntülerinden fetüs hareketlerinin tespiti sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fetüs, Ultrason video, Derin öğrenme, Anatomik yapı tanıma, Fetal hareket tespiti, YOLOv5, Deep-SORT algoritması, Nesne takibi.

1. Introduction

Fetal biometric data can provide strong diagnostic and prognostic indications of fetal development (Fiorentino *et al.*, 2021). In addition to monitoring the development of organs such as the head, body and heart of the fetus, tracking of fetal movements is very important in terms of maternal and infant health. In recent years, abnormal fetal development has led to an increase in prenatal and natal mortality in both developing and industrialized countries (Salomon *et al.*, 2011). Therefore, detection of fetal abnormalities at an early stage stands out in that it is noteworthy.

Some diseases can be diagnosed early by investigating and evaluating fetal scans. 2D ultrasound imaging is primarily used to assess fetal health because of its low cost, comprehensive availability, real-time capability, and no harmful radiation (Baumgartner *et al.*, 2017). Ultrasound imaging is an imaging method frequently used in gestation follow-up, as it is an important parameter that provides information about the health status of the baby, thanks to the monitoring of fetal movements. In addition, fetal development and fetal movements can be observed using real-time ultrasound imaging. Evaluation of fetal videos and images can be performed by specialist physicians. However, identification and monitoring of fetal movements from fetal video and images often involves a difficult and complex process.

Currently, routine ultrasound scans are performed at least once between the 18th and 20th weeks of pregnancy in most countries (Salomon *et al.*, 2011). In these scans, some biometric measurements and evaluations are typically applied for the anatomy of the fetus, such as measuring head circumference, monitoring arm and leg bone lengths, listening to heartbeat. In addition, biometric measurements such as fetal weight and abdominal circumference are also used to diagnose the health status of the fetus (Deepika *et al.*, 2021). Moreover, following the movements of the fetus is an important parameter in a healthy gestation process. Reduced or absent fetal movements in the mother's womb may be a sign of serious fetus risks (You *et al.*, 2017). It has become available in recent years to collect information on how the fetus moves and on quantitative and qualitative movement patterns during pregnancy. Fetal movements can be classified as general movements and movements that may cause anxiety. While general movements indicate a healthy pregnancy process, worrisome movements may be a sign of poor fetal health (Bai, 2016). It has been stated that during the first trimester of pregnancy, the measurements obtained from ultrasound scans are used to predict the risky gestational age (Looney *et al.*, 2017). Two-dimensional images are produced by placing an ultrasound transducer on the womb along the fetal thorax (between the abdomen and neck) and the abdominal axis. Generally, an observation period of 5-30 minutes is considered sufficient. Using ultrasound images, critical anatomical structures can be detected, fetal movements can be tracked, and the gestation can be monitored. Frequency, intensity and duration of fetal movements are related to maternal perception of movements. Fetal movements are also an

important process as they are used to detect an inactive heartbeat condition (Wróbel *et al.*, 2014). Although fetal movements can be observed using real-time ultrasound imaging, some studies have been carried out to determine the pattern of fetal movements, but a general framework has not been defined for the amount of these movements, the ideal number, and when they should be counted (Velazquez & Rayburn, 2002).

Increased fetal movements may not always be a good sign for the pregnancy period. In some cases, increased fetal movements may be a sign of undesirable conditions. In this case, it is difficult to determine which kinds of movements are undesirable. Some of the excessive movement may be a sign of serious fetal disorders. Since it is difficult for women to understand this, intervention may be delayed. Pregnant women feel a complex series of fetal movement patterns throughout pregnancy. Many factors, including maternal obesity, maternal behavior and mood, affect women's perception of fetal movement (Whitehead *et al.*, 2020).

Obtaining fetal biometric measurements through two-dimensional ultrasound scans is crucial for fetal monitoring. However, obtaining standardized head, abdomen, and femoral image planes is difficult due to variable image quality (Ahmed & Noble, 2016). For this reason, many ultrasound image classification studies have been carried out to assist experts in their evaluation (Carneiro *et al.*, 2008; Ishikawa *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2016; Malathi & Shanthi, 2009; Sinclair *et al.*, 2018; Sobhaninia *et al.*, 2019; Yaqub *et al.*, 2012).

When the studies in the literature are investigated, it is seen that there are studies that suggest examining fetal US scans for different purposes and with different methods and aiming to provide convenience to physicians (Carneiro *et al.*, 2008). In addition, studies have also been proposed to performed biometric measurements in the fetus to determine the organs, the standard plane of the fetus (Lei *et al.*, 2014; Yaqub *et al.*, 2012; Yu *et al.*, 2016). Moreover, it was observed that the researchers mostly used their own datasets in the studies.

There are many studies using deep learning methods for the examination and evaluation of fetal ultrasound images (Gao *et al.*, 2016; Ravishankar *et al.*, 2016; Sinclair *et al.*, 2018; van den Heuvel *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2016). The performance increase that occurs with deep learning depends on the large datasets used for training. Although there are studies that provide high-performance results with developing technology and the application of different deep learning methods, it is still seen that progress needs to be carried on. In addition, although there are publicly available datasets in different fields, the datasets that can be accessed especially in terms of fetuses are limited. The limited open fetal ultrasound dataset is one of the most important constraints in the development of common deep learning applications in this field. Researchers working with small datasets use the transfer learning method that enables cross learning in different datasets to overcome this problem. A pre-trained network is used to extract features directly and fine-tuning is done by fixing the weights in some parts of the network. The use of pre-trained networks using large-scale

natural images increases the performance of networks trained with low resolution ultrasound images (Gao *et al.*, 2016).

Identification of objects in fetus US scans is important for extracting trajectories from video images. Object identification is a different process from object recognition. It requires naming two different objects in the image as different objects. When each object in an image is named with a different identity, the motion trajectories of each object can be recorded. Obtaining the trajectories of fetal movements may allow the recognition of different movement types. In this study, a deep learning-based approach is proposed for the recognition of some anatomical structures (planes) belonging to the fetus such as head, arm, heart from fetal ultrasound and the detection of their movement trajectories. In this study, fetal anatomical planes are identified and tracked using YOLOv5 network and the deep-SORT algorithm in the dataset created from videos containing fetal movements. In this study, it was observed that the motion trajectory information formed different patterns according to the organs. If enough video images with healthy and unhealthy movements are obtained, it may be possible to classify these movements from orbital images. The next sections of the study are organized as follows. In the second section, the ultrasound dataset and the proposed YOLOv5 network are detailed. The research results and discussion reached as a result of the experimental studies are explained in the third section. In the last part, the inferences obtained within the scope of the study and the experimental measurement results are evaluated and the following works in the future are mentioned.

2. Material and Method

2.1. Fetus Ultrasound Dataset

Fetus scans used in this study were obtained from Evliya Çelebi Training and Research Hospital of Kütahya Health Sciences University. Ultrasound scans were collected from pregnant volunteers between 16 and 20 weeks. All pregnant women were selected from second trimester cases, as it allows easy evaluation of fetal movements. Head and body movements, major extremity movements, 4-chamber heart movements, diaphragm and swallowing movements in all fetuses were recorded as video. US evaluations were performed using a US system (Acuson S3000; Siemens Medical Solutions, Mountain View, CA), which includes a convex transducer that enables scanning with 4 MHz frequency and obstetric US preset. Ultrasound scans were acquired at between 20 and 27 fps. A total of 1648 2D ultrasound images, 1300 for training the network and 348 for testing, were acquired and labeled with the consensus of 3 different experts. Frames were obtained from the video images provided for use in experimental studies in order to train the proposed YOLOv5 network. On the videos in this dataset, the trajectories of the movements of the anatomical structures of the fetus such as head, arm and body were extracted. The sample scans from the fetal ultrasound dataset created within the scope of the study are shown in Figure 1.

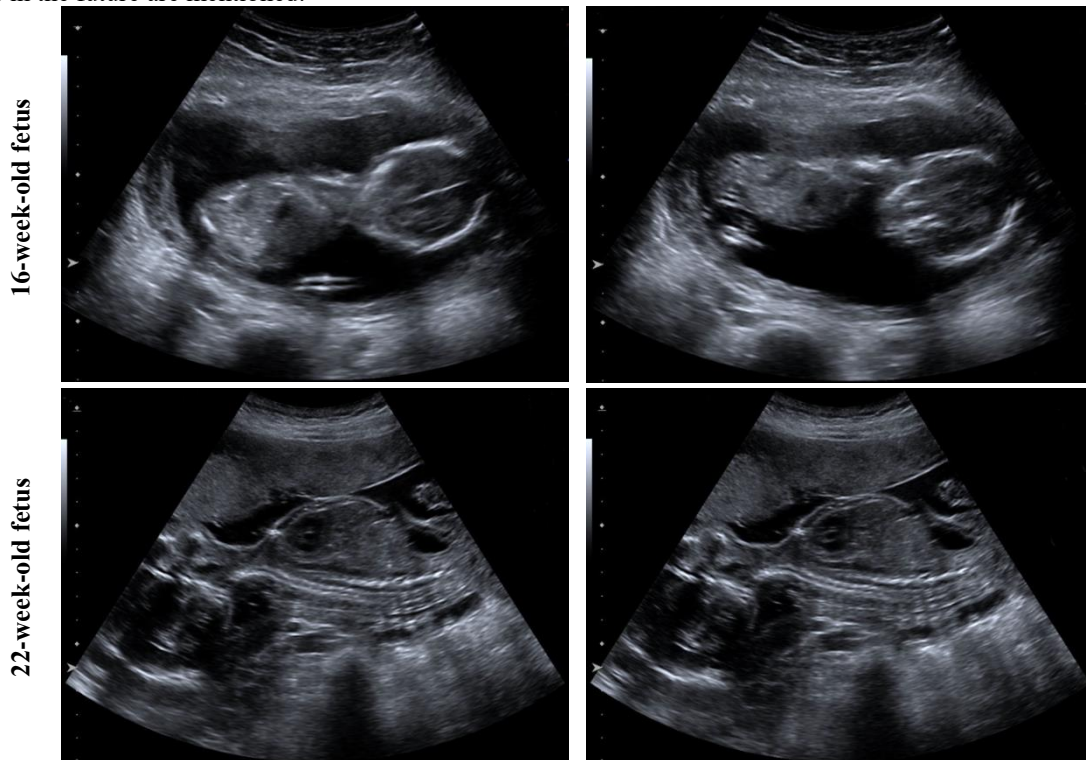


Figure 1. US scans of a 16-week-old fetus and a 22-week-old fetus on the fetus US dataset

2.2. YOLOv5 (you only look once) Deep Learning Network

Deep learning algorithms can be classified in two different ways as single-stage methods (YOLO, SSD, etc.) and two-stage methods (R-CNN, Faster R-CNN etc.). In two-stage algorithms, classification and location determination processes are performed separately, while in single-stage algorithms, both location information and classification can be done by

processing an image. Although higher detection accuracy can be achieved with two-stage algorithms, they are generally slower (Soviany & Ionescu, 2018). A proper balance has to be provided between accuracy and speed when using algorithms. For real-time applications, single-stage methods are preferred for real-time applications, as speed is a prominent evaluation factor.

YOLO (you only look once) is a deep learning algorithm in scope of the single-stage algorithms. The YOLO algorithm is the

deep learning model proposed by (Redmon *et al.*, 2016). The YOLO algorithm has made a difference with its ability to detect objects much faster than previous algorithms. The algorithm can both classify objects and detect the positions of objects by passing the image through the convolutional neural network only once. It also gives fast results because it passes the image through the network only once. This feature makes the YOLO algorithm stand out in real-time object detection. It is seen that the YOLO model works faster than other object recognition methods. The YOLOv5 model was published by Glenn Jocher in 2020 based on PyTorch. YOLOv5 promises higher FPS speed than previous YOLO versions. Also, this network generates lower model files and the training time is shorter. Model weight file size may vary in different models of YOLOv5 (Jocher, 2020). Developed with the effort of 58 open source contributors, YOLOv5 offers some different configurations for object recognition, unlike previous versions (Malta *et al.*, 2021).

YOLOv5, a typical one-stage object recognition network, consists of three modular components: backbone, neck and head (Liu *et al.*, 2021). In the YOLOv5 model, the backbone is mainly used to extract important features from the input image. DarkNet framework-based Cross Stage Partial Networks (CSPNet) is used as the backbone in the YOLOv5 algorithm (Wang *et al.*, 2020). The neck component of the YOLOv5 model is used to generate the feature pyramid network (FPN). Feature pyramids help to generalize well in object scaling. It also helps to recognize the same object at different sizes and resolutions. There are many attributes pyramids of different types. In the YOLOv5 model, the path aggregation network (PANet) is generally used as neck to obtain the pyramid features. In the head, the last layer of YOLOv5, object recognition is performed. In this layer, object class probabilities and bounding boxes are generated. In YOLOv5, model head operations are performed in the same way as in YOLOv4. The YOLOv5 architecture contains four different models such as YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l and YOLOv5x. There are fundamental differences between these model versions, such as the number of feature extraction modules and convolution kernels in the structure of these networks (Yan *et al.*, 2021). In this study, YOLOv5s, the smallest version of the YOLOv5 model, was used to recognize some fetal anatomical structures such as head, arm, and heart from fetal ultrasound.

2.3. Deep-SORT Algorithm

Identification and tracking of objects from video frames is a different process than object recognition. It requires an identification of an object moving on the screen which objects in the previous frame. In processes such as counting vehicles in traffic and observing people in crowded environments, each person has to be tracked with a separate identity. In this regard, SORT (simple online and real-time tracking) approach is one of the most successful algorithms that provide identification of objects for tracking. This algorithm can determine which objects in each frame are which objects in the previous frame, using the Kalman filter. It can quickly identify objects using Kalman filter and Hungarian algorithm. It works faster than other tracking techniques. This feature makes it preferred for real-time object identification and tracking (Bewley *et al.*, 2016). Deep-SORT algorithm is an extension of the SORT algorithm used for object

tracking with the addition of a deep appearance descriptor. In the Deep-SORT algorithm, objects can be tracked in longer periods (Wojke *et al.*, 2017).

In this study, Deep-SORT algorithm was used to track movements by identifying organs and anatomical structures in fetal ultrasound. In the study, first of all, while the movement trajectories of the fetal organs are extracted, the trajectory information of the left and right arms have to be recorded separately and identified so that they can be examined. In order to achieve this, the deep-SORT algorithm was used. In this study, objects were detected using the YOLOv5 algorithm, and movements were tracked with the deep-SORT algorithm. The position of the moving object on the screen is recorded in each frame. Orbital information was recorded as a point (x, y) on a two-dimensional plane. By adding the time dimension to the orbit information, it can be evaluated as a three-dimensional data. In the study, while examining video sequences in many experiments, it was ensured that the movements were defined by taking into account the time dimension. The trajectories extracted within the scope of the study were recorded as two-dimensional images. This image, which consists of combining orbital points, creates distinctive patterns according to different planes.

3. Experimental Results and Discussion

In this study, the dataset used to train the network was created using ultrasound video images. In the training set of the network, three different expert consensus has been labeled so that the organs will be recognized. In the training and test sets of the network, scans were labeled in three different expert consensus for the recognition of anatomical planes. Fetal anatomical structures such as head, arm, heart and trunk obtained from 2D fetal images in the dataset were recognized using the YOLOv5 network. As a result of the experimental studies, the movements in the ultrasound video image were obtained and the movement points were recorded. In addition, in the training of the YOLOv5s network for recognizing the anatomical structures of the fetus and tracking movements, a total of 1300 ultrasound scans belonging to 4 classes were labeled from ultrasound videos, 500 for the head, 400 for the body, 300 for the heart and 100 for the arm. The performance of the proposed YOLOv5 network was validated on both still images and ultrasound videos. A total of 348 US scans for the validation set were used for four classes, 122 US images for the head, 119 US images for the body, 68 US images for the heart, and 39 US images for the arm, for performance measures of the network on still images.

For the experimental studies carried out in this study, the YOLOv5 repository was cloned and the network model was trained on Google Colab. Within the scope of the study, the free Tesla T4 1.5GB GPU provided in the Google Colab system was used. The open original library (Deep-SORT, 2021) was used for the Deep-SORT algorithm used for object tracking. The plots of Box Loss, Class Loss and Object Loss values according to the number of epochs during the training of the YOLOv5 network with 100 epochs is denoted in Figure 2. It is seen that all three loss values are quite low.

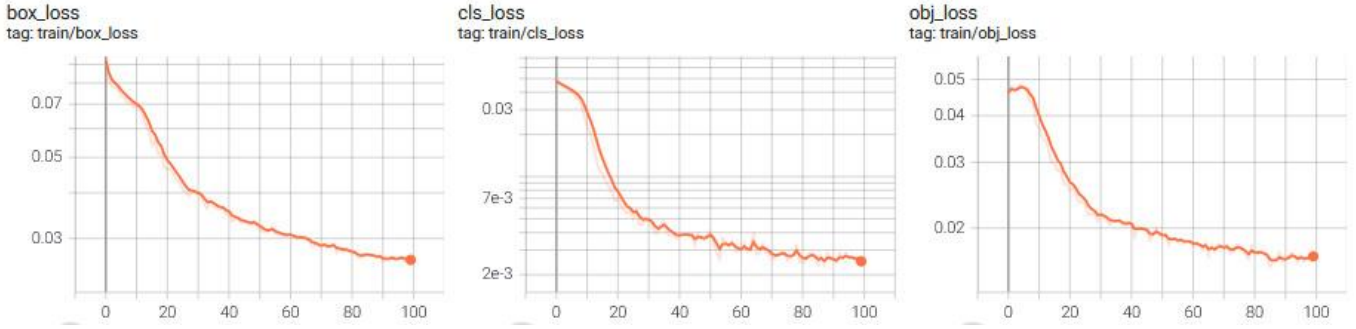


Figure 2. Plots of Box Loss, Class Loss and Object Loss values according to the epoch number during the training of the YOLOv5 network

In this study, the performance of the YOLOv5 network proposed on the validation set for the recognition of anatomical structures in the fetus was measured with the Precision (P), Recall (R) and F1-score (F1) metrics given in Eq. (1), Eq. (2) and Eq. (3). Precision is the rate of how many of the positively predicted objects are actually positive, while the rate of how many of the positively predicted objects are actually positively predicted is the Recall criterion. In the validation set, the training of the YOLOv5 network with 100 epochs, the plots of the mean average precision (mAP), the P and R metrics are indicated in Figure 3. Here, the threshold value of 0.5 for mAP indicates the

overlap of the bounding boxes with the true value. In Figure 3, plots of the box loss, objectness loss and classification loss according to the epoch number in the training are also presented. Box loss represents the loss as the bounding box is plotted as tightly, objectness loss represents the loss calculated for the probability that a region contains an object regardless of the object categories, and classification loss represents the loss related to how accurately the bounding box and its class are determined. As training progresses, the bounding boxes are calculated more tightly and the box loss approaches zero. Also, the classification loss approaches zero as the training progresses.

$$\text{Precision (P)} = \frac{TP}{TP+FP} \tag{1}$$

$$\text{Recall (R)} = \frac{TP}{TP+FN} \tag{2}$$

$$\text{F1 - score (F1)} = 2 \times \frac{P \times R}{P+R} \tag{3}$$

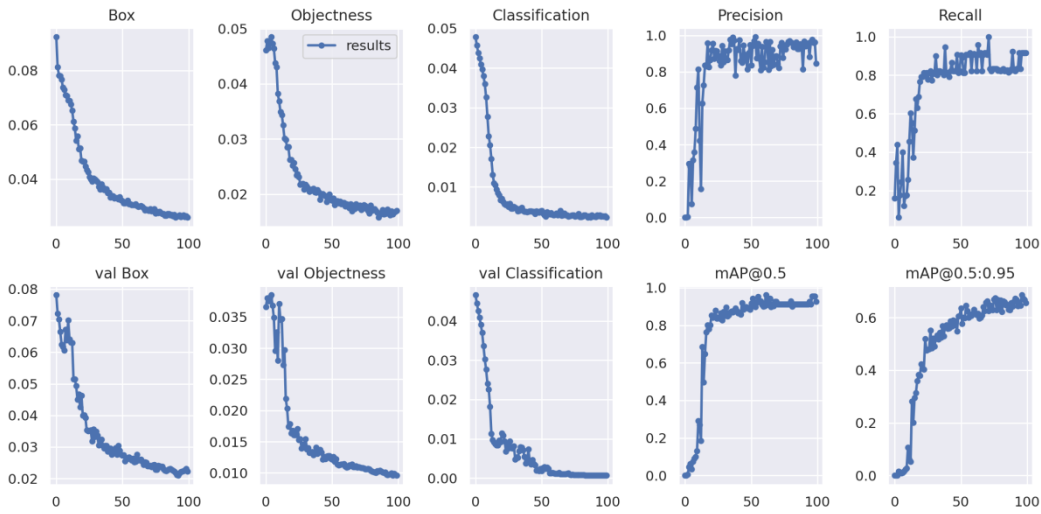


Figure 3. Assessment of box loss, objectness loss, classification loss, P, R and mAP measures during the training epochs in YOLOv5 network for validation set

The results of mAP, P, R and F1 performance metrics obtained in the performance measurements achieved with the validation cluster with 348 scans for the recognition of anatomical structures and organs (such as head, body, heart and arm) in the fetus are presented in Table 1. Also in this table, the confusion matrix values TP, FP and FN values are given for each

plane. In a threshold value of 0.50 for mAP, the mAP scores were obtained as 0.97, 0.91, 0.82 and 0.89 for fetal head, body, heart and arm anatomical structures, respectively. Likewise, F1 scores for fetal head, body, heart and arm anatomical structures were 95.04%, 94.42%, 88.31% and 83.23%, respectively.

Table 1. Comparison of performance metric results such as mAP, P, R and F1 obtained with the YOLOv5 model for validation set

Anatomical plane in fetus	mAP (@0.50)	P (%)	R(%)	F1(%)	TP	FP	FN
Head	0.97	95.83	94.26	95.04	115	5	7
Body	0.91	96.49	92.44	94.42	110	4	9
Heart	0.82	79.07	100.0	88.31	68	18	0
Arm	0.89	84.21	82.05	83.23	32	6	7

Figure 4 denotes the visual results of plane recognition with the YOLOv5-based model proposed in this study for fetal head, body, heart and arm anatomical structures for some scans in the fetal US dataset. Both still image and US videos show successful

recognition of fetal organs using the proposed YOLOv5-based method. In addition, here, detection scores outside the object recognition bounding boxes in US scans are also specified.

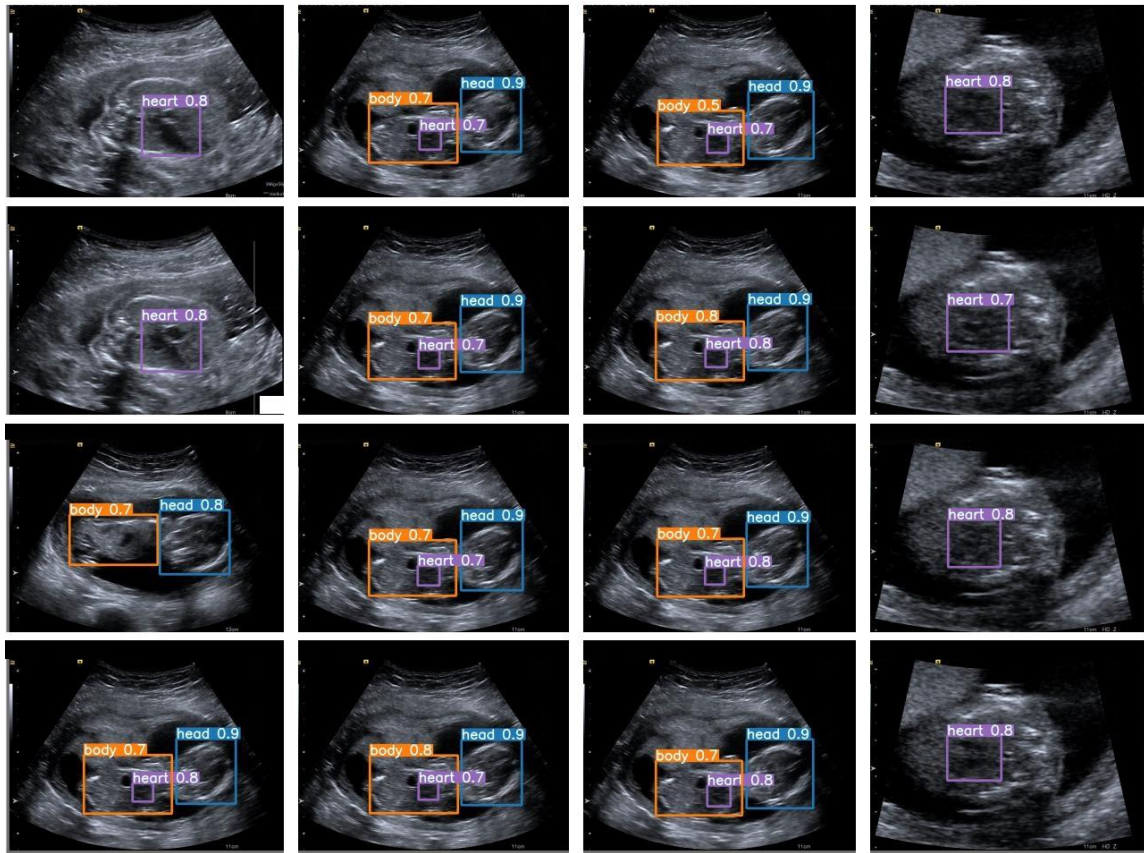
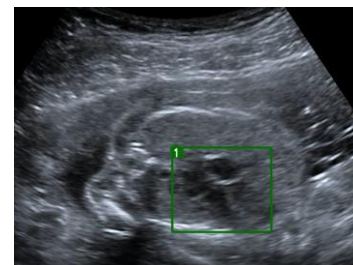
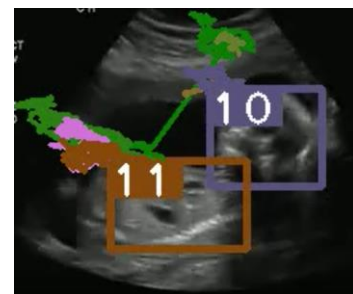


Figure 4. Visual results of the recognition of fetal anatomical planes in US scan using the proposed YOLOv5-based method

In this study, the motions of the planes recognized by the YOLOv5 network in US videos are tracked using the Deep-SORT algorithm and their motion trajectories are extracted. In relation to this situation, in Figure 5(a), the recognition of a plane in US video using the YOLOv5 algorithm and its bounding box are detailed. Moreover, Figure 5(b) shows the tracking of the movements of planes identified with IDs 10 and 11 during the US video using the Deep-SORT algorithm and the extraction of motion trajectories. In the study, instead of the center of the fetus planes, the upper left corner of the bounding box was taken as position information, and the trajectory information of the detected planes was recorded. In our study, trajectory information of different videos obtained from fetal organs was recorded and the characteristics of the movements of the organs were evaluated. In addition, the trajectories of the movements of the head and body anatomical structures of the fetus and the 2D representation of these trajectory patterns in a US video are indicated in Figure 6 and Figure 7, respectively. From this point of view, it is evaluated that fetal movements can be classified with a model that can recognize these trajectories of movements.



(a) Fetal plan in US video



(b) Tracking of the recognized plane on US video

Figure 5. (a) Recognition of the fetal plane on US video using the proposed YOLOv5 algorithm, (b) Tracking motion trajectory of the recognized organ in US video using the Deep-SRT algorithm

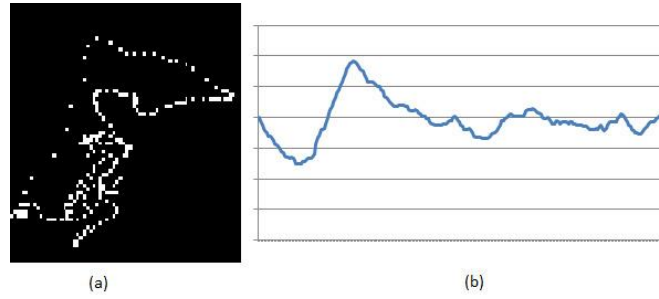


Figure 6. (a) Movement trajectory of the fetal head plane and (b) the 2D plane representation of the trajectory of motion

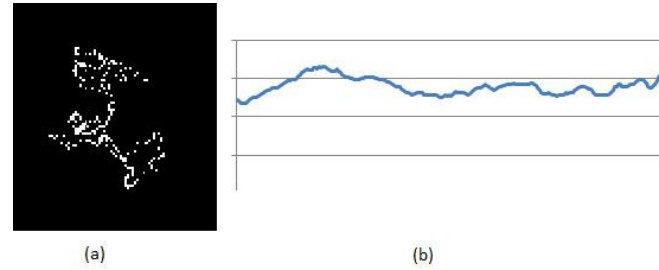


Figure 7. (a) Movement trajectory of the fetal body plane and (b) the 2D plane representation of the trajectory of motion

4. Conclusions

In this study, a deep learning-based approach was proposed to recognize some fetal anatomical structures such as head, body, arm and heart from fetal ultrasound and to detect their movement trajectories. High-performance recognition of fetal planes was achieved by using the YOLOv5 network in the dataset created from videos containing fetal movements. In 0.50 threshold value for mAP, F1 scores for fetal head, body, heart and arm anatomical structures were 95.04%, 94.42%, 88.31% and 83.23%, respectively. In addition, fetal planes were identified using the deep-SORT algorithm, and their motion trajectories were extracted by tracking the movements of the organs on US videos.

In this study, it was observed that the motion trajectory information formed different patterns according to the planes. If enough video images with healthy and unhealthy movements are obtained, it is considered that it may be possible to classify these movements from trajectory images. Also, when each object in an image is named with a different identity, the motion trajectories of each object can be recorded. Obtaining the trajectories of fetal movements may allow the recognition of different movement types.

In the study, it was observed that the raw trajectory data differed for different planes. Therefore, the trajectory data to be used for training the network has to belong to the correct planes. While determining the trajectories, the movements of the ultrasound device can be ignored and real plane movements can be obtained. The movements of the trajectory data to be used for training purposes can be taken with a certain threshold value and position changes caused by the movement of the ultrasound device can not be included in the plane movement. Obtaining the trajectory of motion in ultrasound videos poses a number of challenges. There is no fixed camera angle as in video footage. Due to the movements of the ultrasound device, the position of the image on the screen also changes. This can cause the object on the screen to appear as if it is moving. To overcome this problem, a pixel threshold can be determined for each step of the

motion, which can change. In the study, this situation was not taken into account while extracting the motion trajectories. While evaluating the trajectories, a pixel threshold value for motion can be determined and it can be ensured that plane movements are actually obtained.

While object recognition is performed in ultrasound videos, there may be problems in identifying organs. It is possible that the head image that appears from different angles is marked with a different identity in the deep-SORT algorithm. In order to overcome this situation, while collecting orbital information, determining and addressing individual plane movements can provide meaningful results.

In the following stages of the study, it is aimed to diversify the US dataset. As the number of images in the training set increases, the network can be trained for more planes. Trajectories of detected organ movements can be recorded. Trajectory data can be preprocessed to reduce the motion effects of the ultrasound device. An image can be created from the trajectory information by using the trajectories of the movements of each plane. A network that can learn the differences in plane movements can be designed by training the images created from the trajectory information with a convolutional network. Recognition and identification of movements can also be achieved with a different architecture, which is more suitable for trajectory data instead of a convolutional neural network. In the following stages, a model that can recognize abnormal movements can be created. The movements of the heart plane can be obtained by performing a more detailed labeling. It is possible to work on obtaining the heart graph from the movement pattern.

Acknowledgements

The authors of the study thank Evliya Çelebi Training and Research Hospital of Kütahya Health Sciences University for providing the fetal US dataset. We would also like to express our endless gratitude to Professor Huiyu Zhou from the University

of Leicester, who shared his experiences and contributed to this study.

References

- Ahmed, M., & Noble, J. A. (2016). Fetal ultrasound image classification using a bag-of-words model trained on sonographers' eye movements. *Procedia Computer Science*, 90, 157-162.
- Bai, Y. (2016). *Object tracking & fetal signal monitoring*: Southern Illinois University at Carbondale.
- Baumgartner, C. F., Kamnitsas, K., Matthew, J., Fletcher, T. P., Smith, S., Koch, L. M., Kainz, B., & Rueckert, D. (2017). SonoNet: real-time detection and localisation of fetal standard scan planes in freehand ultrasound. *IEEE transactions on medical imaging*, 36(11), 2204-2215.
- Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2016). *Simple online and realtime tracking*. Paper presented at the 2016 IEEE international conference on image processing (ICIP). pp. 3464-3468.
- Carneiro, G., Georgescu, B., Good, S., & Comaniciu, D. (2008). Detection and measurement of fetal anatomies from ultrasound images using a constrained probabilistic boosting tree. *IEEE transactions on medical imaging*, 27(9), 1342-1355.
- Deep-SORT. (2021). Deep-SORT Algorithm. Available online: https://github.com/nwojke/deep_sort
- Deepika, P., Suresh, R., & Pabitha, P. (2021). Defending Against Child Death: Deep learning-based diagnosis method for abnormal identification of fetus ultrasound Images. *Computational Intelligence*, 37(1), 128-154.
- Fiorentino, M. C., Moccia, S., Capparuccini, M., Giamberini, S., & Frontoni, E. (2021). A regression framework to head-circumference delineation from US fetal images. *Computer methods and programs in biomedicine*, 198, 105771.
- Gao, Y., Maraci, M. A., & Noble, J. A. (2016). *Describing ultrasound video content using deep convolutional neural networks*. Paper presented at the 2016 IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). pp. 787-790.
- Ishikawa, G., Xu, R., Ohya, J., & Iwata, H. (2019). *Detecting a Fetus in Ultrasound Images using Grad CAM and Locating the Fetus in the Uterus*. Paper presented at the ICPRAM. pp. 181-189.
- Jocher, G. (2020). YOLOv5. Available online: <https://github.com/ultralytics/yolov5>
- Kumar, A., Sridar, P., Quinton, A., Kumar, R. K., Feng, D., Nanan, R., & Kim, J. (2016). *Plane identification in fetal ultrasound images using saliency maps and convolutional neural networks*. Paper presented at the 2016 IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). pp. 791-794.
- Lei, B., Zhuo, L., Chen, S., Li, S., Ni, D., & Wang, T. (2014). *Automatic recognition of fetal standard plane in ultrasound image*. Paper presented at the 2014 IEEE 11th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). pp. 85-88.
- Liu, W., Wang, Z., Zhou, B., Yang, S., & Gong, Z. (2021). *Real-time Signal Light Detection based on Yolov5 for Railway*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. pp. 042069.
- Looney, P., Stevenson, G. N., Nicolaides, K. H., Plasencia, W., Molloholli, M., Natsis, S., & Collins, S. L. (2017). *Automatic 3D ultrasound segmentation of the first trimester placenta using deep learning*. Paper presented at the 2017 IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017). pp. 279-282.
- Malathi, G., & Shanthi, V. (2009). *Wavelet based features for ultrasound placenta images classification*. Paper presented at the 2009 Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology. pp. 341-345.
- Malta, A., Mendes, M., & Farinha, T. (2021). Augmented Reality Maintenance Assistant Using YOLOv5. *Applied Sciences*, 11(11), 4758.
- Ravishankar, H., Prabhu, S. M., Vaidya, V., & Singhal, N. (2016). *Hybrid approach for automatic segmentation of fetal abdomen from ultrasound images using deep learning*. Paper presented at the 2016 IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). pp. 779-782.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). *You only look once: Unified, real-time object detection*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. pp. 779-788.
- Salomon, L. J., Alfirevic, Z., Berghella, V., Bilardo, C., Hernandez-Andrade, E., Johnsen, S., Kalache, K., Leung, K. Y., Malinger, G., & Munoz, H. (2011). Practice guidelines for performance of the routine mid-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 37(1), 116-126.
- Sinclair, M., Baumgartner, C. F., Matthew, J., Bai, W., Martinez, J. C., Li, Y., Smith, S., Knight, C. L., Kainz, B., & Hajnal, J. (2018). *Human-level performance on automatic head biometrics in fetal ultrasound using fully convolutional neural networks*. Paper presented at the 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). pp. 714-717.
- Sobhaninia, Z., Rafiei, S., Emami, A., Karimi, N., Najarian, K., Samavi, S., & Soroushmehr, S. R. (2019). *Fetal ultrasound image segmentation for measuring biometric parameters using multi-task deep learning*. Paper presented at the 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). pp. 6545-6548.
- Soviany, P., & Ionescu, R. T. (2018). *Optimizing the trade-off between single-stage and two-stage deep object detectors using image difficulty prediction*. Paper presented at the 2018 20th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC). pp. 209-214.
- van den Heuvel, T. L., Petros, H., Santini, S., de Korte, C. L., & van Ginneken, B. (2019). Automated fetal head detection and circumference estimation from free-hand ultrasound sweeps using deep learning in resource-limited countries. *Ultrasound in medicine & biology*, 45(3), 773-785.
- Velazquez, M. D., & Rayburn, W. F. (2002). Antenatal evaluation of the fetus using fetal movement monitoring. *Clinical obstetrics and gynecology*, 45(4), 993-1004.
- Wang, C.-Y., Liao, H.-Y. M., Wu, Y.-H., Chen, P.-Y., Hsieh, J.-W., & Yeh, I.-H. (2020). *CSPNet: A new backbone that can enhance learning capability of CNN*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops. pp. 390-391.
- Whitehead, C. L., Cohen, N., Visser, G. H., & Farine, D. (2020). Are increased fetal movements always reassuring? *The*

- Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 33(21), 3713-3718.
- Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). *Simple online and realtime tracking with a deep association metric*. Paper presented at the 2017 IEEE international conference on image processing (ICIP). pp. 3645-3649.
- Wróbel, J., Kupka, T., Horoba, K., Matonia, A., Roj, D., & Jeżewski, J. (2014). Automated detection of fetal movements in Doppler ultrasound signals versus maternal perception. *Journal of Medical Informatics & Technologies*, 23.
- Yan, B., Fan, P., Lei, X., Liu, Z., & Yang, F. (2021). A Real-Time Apple Targets Detection Method for Picking Robot Based on Improved YOLOv5. *Remote Sensing*, 13(9), 1619.
- Yaqub, M., Napolitano, R., Ioannou, C., Papageorghiou, A., & Noble, J. A. (2012). *Automatic detection of local fetal brain structures in ultrasound images*. Paper presented at the 2012 9th IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). pp. 1555-1558.
- You, J., Li, Q., Guo, Z., & Zhao, R. (2017). *Smart fetal monitoring*. Paper presented at the International Conference on Information Science and Applications. pp. 494-503.
- Yu, Z., Ni, D., Chen, S., Li, S., Wang, T., & Lei, B. (2016). *Fetal facial standard plane recognition via very deep convolutional networks*. Paper presented at the 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). pp. 627-630.



A Comparative Assessment of Text-independent Automatic Speaker Identification Methods Using Limited Data

Mandana Fasounaki*, Emirhan Burak Yüce², Serkan Öncül², Gökhan İnce^{1,4}

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0034-030X)

² Arçelik Araştırma ve Geliştirme Merkezi (ORCID: 0000-0002-4220-9940)

³ Arçelik Araştırma ve Geliştirme Merkezi (ORCID: 0000-0001-9302-8712)

⁴ AI and Data Science Application and Research Center

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950218)

ATIF/REFERENCE: Fasounaki, M. & Yüce, E. & Öncül S. & İnce G. (2021). A Comparative Assessment of Text-independent Automatic Speaker Identification Methods Using Limited Data. *European Journal of Science and Technology*, (26), 217-222.

Abstract

Automatic Speaker Identification (ASI) is one of the active fields of research in signal processing. Various machine learning algorithms have been used for this purpose. With the recent developments in hardware technologies and data accumulation, Deep Learning (DL) methods have become the new state-of-the-art approach in several classification and identification tasks. In this paper, we evaluate the performance of traditional methods such as Gaussian Mixture Model-Universal Background Model (GMM-UBM) and DL-based techniques such as Factorized Time-Delay Neural Network (FTDNN) and Convolutional Neural Networks (CNN) for text-independent closed-set automatic speaker identification on two datasets with different conditions. LibriSpeech is one of the experimental datasets, which consists of clean audio signals from audiobooks, collected from a large number of speakers. The other dataset was collected and prepared by us, which has rather limited speech data with low signal-to-noise-ratio from real-life conversations of customers with the agents in a call center. The duration of the speech signals in the query phase is an important factor affecting the performances of ASI methods. In this work, a CNN architecture is proposed for automatic speaker identification from short speech segments. The architecture design aims at capturing the temporal nature of speech signal in an optimum convolutional neural network with low number of parameters compared to the well-known CNN architectures. We show that the proposed CNN-based algorithm performs better on the large and clean dataset, whereas on the other dataset with limited amount of data, traditional method outperforms all DL approaches. The achieved top-1 accuracy by the proposed model is 99.5% on 1-second voice instances from LibriSpeech dataset.

Keywords: Speaker Identification, Deep Learning, CNN, Signal Processing, GMM-UBM.

Sınırlı Veri Kullanılarak Metinden Bağımsız Otomatik Konuşmacı Tanıma Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Bir Değerlendirmesi

Öz

Otomatik Konuşmacı Tanıma, sinyal işlemedeki aktif araştırma alanlarından biridir. Bu amaçla çeşitli makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Donanım teknolojilerindeki ve veri birikimindeki son gelişmelerle birlikte, Derin Öğrenme yöntemleri, çeşitli sınıflandırma ve tanımlama görevlerinde en son teknolojiye sahip yeni yaklaşım haline gelmiştir. Bu makalede, metinden bağımsız, kapalı-küme otomatik konuşmacı tanımlama için Gauss Karışım Modeli-Evrensel Arka Plan Modeli (GMM-UBM) gibi geleneksel yöntemlerin ve Faktörize Zaman Gecikmeli Sinir Ağı ve Evrişimli Sinir Ağları gibi derin öğrenme tabanlı tekniklerin performansını değerlendiriyoruz. Bu karşılaştırmalar, farklı koşullara sahip iki veri kümesinde değerlendirildi. Deneysel veri kümelerinden biri LibriSpeech. Bu veri seti çok sayıda konuşmacıdan oluşan sesli kitaplardan toplanan temiz ses sinyallerinden oluşmaktadır. Ayrıca, müşterilerin bir çağrı merkezindeki temsilcilerle doğal konuşmalarından oluşan bir veri kümesi ise bizim tarafımızdan toplandı ve hazırlandı. Çağrı merkezi veri setindeki ses örnekleri sinyal-gürültü oranı düşük ve oldukça sınırlı sayıda ses örnekleri mevcut.

* Corresponding Author: İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8332-7054, fasounaki17@itu.edu.tr

Konuşmacı sorgulama aşamasındaki konuşma sinyallerinin süresi, otomatik konuşmacı tanımlama yöntemlerinin performanslarını etkileyen önemli bir faktördür. Bu çalışmada, kısa konuşma bölütlerinden otomatik konuşmacı tanımlaması için bir CNN mimarisi önerilmiştir. Mimari tasarımı, iyi bilinen CNN mimarilerine kıyasla düşük sayıda parametre ile optimum bir evrimsel sinir ağıdır ve konuşma sinyalinin zamansal yapısını yakalamayı amaçlamaktadır. Önerilen CNN tabanlı algoritmanın büyük ve temiz veri setinde daha iyi performans gösterdiğini, buna karşın sınırlı miktarda veriye sahip diğer veri setinde geleneksel yöntemin tüm derin öğrenme yaklaşımlarından daha iyi performans gösterdiğini gözlemledik. Önerilen model tarafından elde edilen doğruluk, LibriSpeech veri setinden 1 saniyelik ses örneklerinde %99,5'tir.

Anahtar Kelimeler: Konuşmacı Tanımlama, Derin Öğrenme, Evrimsel Sinir Ağları, Sinyal İşleme GMM-UBM.

1. Introduction

It is known that human voice has some inherent characteristics that make it possible to discriminate them from each other. These features are produced by human vocal system, which has a unique structure in each person. When an individual hears someone speaking and gets familiar with that person's voice, speech flow, etc., he/she can re-identify that person in the future based on the prior knowledge (Latinus and Belin, 2011).

Human voice is one of the biometrics like fingerprint, iris or DNA (Jain et al., 2007). Therefore, it is used for user authentication in various systems and surveillance purposes. During speaking, humans use their voices in different ways, which makes person re-identification based on voice a complicated problem compared to that with other biometrics such as fingerprint and DNA, which are considered static features. Extensive research has been conducted in the field of Automatic Speaker Identification (ASI) since the 1960s (Wolf, 1969; Soong et al., 1987) Generally, ASI is categorized into two types; text-dependent and text-independent. In text-dependent ASI, the spoken utterances are pre-determined. In text-independent speaker identification, there is no constraint on what is being said by the speaker. In our work, we focus on text-independent closed-set speaker identification. In closed-set ASI, it is assumed that the test audio signals belong to the enrolled speakers.

As a pioneering study, Gaussian Mixture Model-Universal Background Model (GMM-UBM) for text-independent speaker identification was introduced by Reynolds (Reynolds, 1992). GMM-UBM has become the most popular ASI method for decades (Zheng et al., 2004; Chowdhury et al., 2010). UBM is a GMM, trained on a large dataset of speech. The parameters of the model are then adapted to speaker-dependent characteristics using the enrollment data with Maximum A Posteriori (MAP) parameter estimation. The performance of this method, however, decreases with the increasing the number of speakers and inter-session variability.

Joint Factor Analysis (JFA) aims at solving this problem by factorizing the input signal into speaker-dependent, speaker-independent, channel-dependent and residual factors (Kenny, 2005; Kenny et al., 2014). Also, i-vector approach was introduced for ASI, which is a simplified version of JFA (Kanagasundaram et al., 2011). In i-vector based models, a UBM is trained on a large speech dataset. Using the statistics of the UBM and total variability vector, i-vectors are obtained for each test segment. I-vectors are classified using Linear Discriminant Analysis (LDA) (Jin and Waibel, 2000) or Probabilistic Linear Discriminant Analysis (PLDA) (Kanagasundaram et al., 2012; Senoussaoui et al., 2011).

Recently, deep learning methods are ubiquitously utilized for ASI. Among different DL methods, Convolutional Neural Networks (Lukic, 2016; Nagrani et al., 2017), Factorized Time-delay Neural Networks (FTDNN) (Villalba et al., 2020) and

deep metric learning approaches such as Siamese and Triplet Networks (Chung et al., 2020) are the most promising techniques. It is known that DL methods require a large amount of data to work efficiently.

In this paper, we present a Deep Neural Network (DNN) architecture for automatic speaker identification from short utterances. Our model is a Convolutional Neural Network (CNN) with rectangular kernels in the first layer that capture the temporal characteristics of the speech. In order to show the temporal performance of the proposed model, we assess it in several experiments using a small dataset with degraded speech sounds and a large database with clean speech recordings. Furthermore, its performance is benchmarked against the performance of a statistical machine learning technique, GMM-UBM, and other Deep Learning (DL) based methods, such as FTDNN.

2. Automatic Speaker Identification Systems

In this section, main ASI methods that have been examined in this paper are described. One of them is GMM-UBM, which is a traditional ASI approach, and the others are DL techniques, i.e., CNN and FTDNN-based methods.

2.1. Feature Extraction

Most of the speaker identification systems use Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) as input acoustic features. Mel scale describes the perceptual distance between pitches of different frequencies, and is known to imitate the logarithmic perception of human auditory system (Beigi, 2011). In order to extract MFCC from speech data, pre-emphasis is applied to the signal. Then the signal is framed, and Hanning window is applied to each frame. Fast Fourier Transform (FFT) is applied to the windowed frames. By calculating the log of power spectral density, and applying Discrete Cosine Transform (DCT) to the magnitude, MFCCs are extracted.

2.1.1. Gaussian Mixture Model-based ASI

Gaussian Mixture Model (GMM) is a data clustering algorithm, mostly used for finding the distribution of subpopulations in a population. The assumption is that the data is normally distributed. GMMs are trained using Expectation- Maximization algorithm (Moon, 1996), which is an iterative algorithm to produce maximum a posteriori estimates of a statistical model.

In closed-set speaker identification, during the training phase, a UBM is trained using a large voice dataset consisting of different data to model the speaker-independent characteristics of acoustic features. The UBM's parameters are adapted to the enrollment data by MAP estimation. During the test phase, log-likelihoods of the test segment for all GMMs are computed. The scores are normalized, and the model with the highest likelihood score is selected as the target speaker.

2.1.2. Deep Learning-based ASI

1) *Convolutional Neural Network-based ASI*: CNN-based methods were initially designed for image classification (Krizhevsky et al., 2012). In these models, the convolution filters are square kernels with sizes (3×3), (5×5), (7×7), etc. These architectures support the spatial characteristics of the input and mostly ignore temporal information. Considering the time-related nature of speech, we modified the conventional CNN architecture, so that it supports the temporal information of speech signals.

The first layer of the network contains several rectangular filters that cover all the features of consecutive frames. The size of the

filters are (#of features × m), where m is the number of frames that are supported by the kernels. The following convolutional layers have filters of sizes (1 × x), where x differs based on the output size of the previous layers. As shown in Figure 1, the output is narrowed in each layer. Before the classification part of the model, the output of the last convolutional layer is flattened into a fixed

size embedding. The subsequent fully connected (FC) layers classify the embedding into one of the speakers categorizes. The identity functions or skip connections in the classifier help preserving the information from previous FC layers

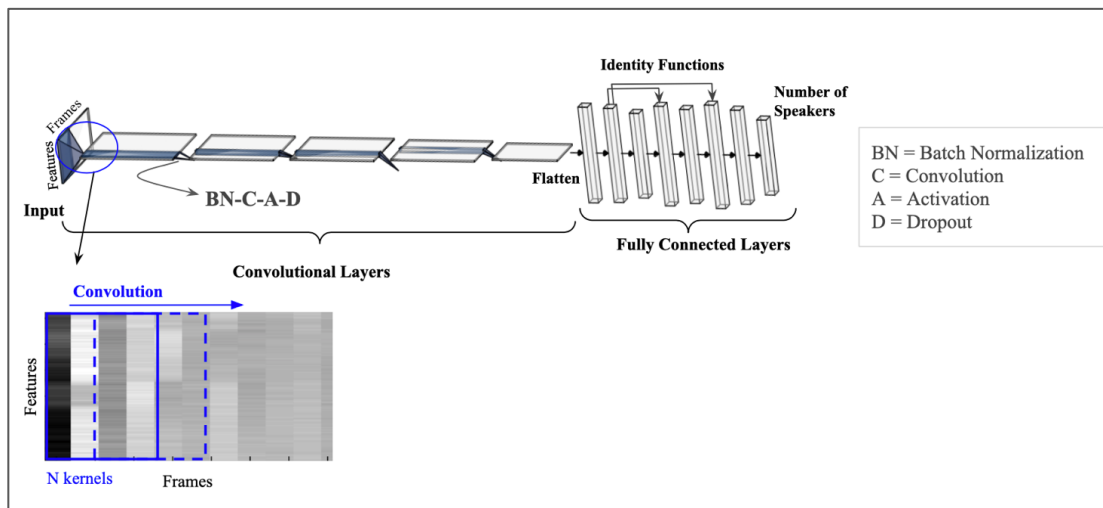


Figure 1: The Proposed CNN Architecture

2) *Factorized Time-delay Neural Network-based ASI*: The model setup is the same as in (Villalba et al., 2020). 1-D convolutional kernels are applied on frame level, in each layer of the network. By calculating mean and variance of the output of the final layer and aggregating them, embeddings are obtained. These embeddings are called x-vector. The x-vectors are classified by a two-layered neural network.

3. Experiments

3.1. Datasets

In this work, two main datasets were used to evaluate the performance of different methods. Librispeech (Panayotov et al., 2015) is a clean dataset with large amount of data, unlike the speech data gathered from a call center specifically for this study. The details of the datasets are shown in Table 1. In both datasets the number of male and female speakers is balanced.

Table 1. Statistics of the Experimental Datasets

Dataset	# of Speakers	Per-speaker Length	Total Hours	# of Instances per speaker
Call Center	411	29 seconds	4	11 ± 5
LibriSpeech	251	25 minutes	100	103 ± 15

3.1.1. Call Center Dataset

This dataset was created using a call center’s telephone conversations of Turkish speakers. The speech data consists of natural conversations of customers with call center agents, therefore they are subject to effects caused by different mobile phones, microphones, environmental settings, and multiple simultaneous speakers. Also, sampling rate is 8kHz because the call centers tend to save the conversations in a way that reduces the stored data size.

To prepare this dataset, 750 speakers’ conversations were inspected. The speakers with less than 25 seconds of speech were eliminated. Also, the recordings with more than one

speaker, extreme external noise, or deteriorated voice signals were removed. In the final dataset, there are 411 speakers, where each speaker class contains the average of 11 utterances taking 29 seconds. For cleaning out the dataset, we excluded the silent parts of the conversations. Overall, the dataset comprises four hours of speech data that can be considered “limited data” for an ASI task.

Because of the limited data at hand, we isolated 3 speech instances with the average duration of 3 seconds for each speaker to constitute our test set. The remaining portion of the dataset is used as enrollment set. 80% of the enrollment data is used for training and 20% for evaluating the model.

3.1.2. LibriSpeech Dataset

LibriSpeech is a large dataset consisting of read English speech derived from audiobooks. This dataset contains more than 1000 hours of speech, sampled at 16 kHz. In our experiments, we use a subset of LibriSpeech, which contains 100 hours of speech for 251 speakers, with 103 utterances taking around 25 minutes in total for each speaker in average.

For creating the test set, we separated 10 speech instances with the average length of 15 seconds for each speaker. The remaining portion of the dataset is used for training.

3.2. Experimental Setup

In the preprocessing step, the speech signal is framed into 25-millisecond frames, with 15 ms overlap. We used 13 MFCCs extracted from each frame. 1-second speech segments create (13 × 100) dimensional inputs.

3.2.1. GMM-UBM Settings

In our experiments, a UBM was trained on a large number of speech voices, for 100 iterations. The number of components in UBM was 1024 and the covariance matrices are diagonal matrices. The parameters of UBM are adapted to the enrollment dataset using MAP estimation, to create individual GMM for each speaker. In the test phase, for each test segment, log-likelihoods of all the GMMs are computed. After the score normalization, the speaker model with the highest likelihood score is accepted as the target speaker.

3.2.1. Proposed CNN Settings

In Table 2, the sizes of convolutional filters in the proposed CNN are shown for 1-second speech signals with 13 MFCCs.

Table 2. Kernel Sizes in the Proposed CNN

Layer	Kernel Size	# of Kernels
Input	(13, 100)	-
1	(13, 20)	1024
2	(1, 20)	512
3	(1, 16)	512
4	(1, 16)	512
5	(1, 10)	128

Table 3 contains the details of the fully connected layers in the classifier part of the network. Sigmoid function is used after all layers except for the last layer. The activation function of the output layer is Softmax.

Table 3. Fully Connected Part of the Proposed CNN

Layer	Layer Size	Skip Connection
6	1024	-
7	512	-
8	512	6
9	128	-
10	128	6
11	512	-
12	# of Speakers	-

In the proposed CNN, batch normalization was applied before each convolution layer, including the first layer. High dropout rates (0.5, 0.6) were used in all layers, which significantly improved the performance. With heuristic search, we obtained the optimal hyperparameters for the model. Loss function was selected as categorical Cross Entropy, and the optimizer was determined to be Adam with learning rate of 0.001. The optimal batch size was 128. The model was trained using backpropagation for 40 epochs.

The number of parameters in our model is 4.2 million, which shows the network is more efficient compared to the networks that are used for ASI, i.e., VGGNet (Simonyan K., 2014) having approximately 138 million parameters.

We used Python and Tensorflow for implementation, and trained the model on AWS Deep Learning AMI. The metric for evaluating the methods is accuracy as in Eq. (1).

$$Accuracy = \frac{\# \text{ of correct detections}}{\# \text{ of all test instances}} \times 100 \quad (1)$$

Top-1 accuracy shows the percentage of test samples that were correctly identified by the model. Top-5 accuracy indicates the percentage of the data samples, where the target speaker is in the first five predictions.

4. Results

In Table 4, the achieved accuracies by different methods on LibriSpeech and Call Center dataset are shown. GMM-UBM and FTDNN are used for benchmarking purposes.

Table 4. Performances of Different Methods on 1-second Voice Segments

Dataset	Method	Top-1 Accuracy [%]	Top-5 Accuracy [%]
LibriSpeech	GMM-UBM	97.3	98.3
	Proposed CNN	99.5	99.8
	FTDNN	96.6	97.5
Call Center	GMM-UBM	62.5	80.4
	Proposed CNN	30.2	60.1
	FTDNN	20.7	30.4

All competing methods, including FTDNN and GMM-UBM show high accuracy using utterances with the duration of 1 second, while CNN outperformed both the GMM and FTDNN when clean and long speech recordings as in LibriSpeech are used. It is shown that the proposed architecture, CNN-based ASI, achieves 99.5% accuracy on 1-second segments of utterances.

However, the results drop significantly when the Call Center Dataset is used. Both the DL-based ASI approaches fail in

successfully identifying the speakers when noisy and low-quality sounds were utilized for training. The accuracy of the proposed CNN approach is as low as 30.2%, whereas the GMM demonstrates a drastically better performance than CNN (62.5%). On both datasets, FTDNN shows inferior performance. Training duration in DL-based methods are generally higher than the traditional approaches. FTDNN was trained for 54 hours on LibriSpeech. With the proposed CNN, the training was completed in 2.5 hours. Both models were trained for 40 epochs

on NVIDIA Tesla K80. Training time for GMM is 30 minutes on Intel Xeon E5-2686 v4 @2.30GHz.

In order to investigate the performance of GMM more elaborately, in Table 5, the accuracy of GMM-based ASI with respect to the number of speakers in the dataset is observed.

Table 5. Accuracy of GMM-UBM on Call Center Dataset

Number of Speakers	Top-1 Accuracy
40	89.5
60	84.4
180	82.5
250	66.8
411	62.5
500	62.3

It is observed that in the limited and noisy dataset, GMMUBM perform better with smaller number of speakers. By increasing the number of speakers in Call Center dataset, the performance decreases.

5. Conclusion

In this paper, we presented a modified version of conventional convolutional neural networks for text-independent speaker identification using short utterances. We assessed the performance of different ASI methods on two datasets; one dataset with sparse and noisy data gathered from telephone conversations with a call center, and a large speech corpus called LibriSpeech. With abundant data, the proposed CNN outperforms the state-of-the-art methods (e.g., FTDNN) and traditional methods (e.g., GMM-UBM). Most of the existing systems use 3-second or longer utterances for depicting an acceptable performance (Li et al., 2020). However, we showed that our model achieves 99.5% accuracy even on 1-second speech segments.

We conclude that in the applications that support limited number of users and require fast response/decision making, GMM-UBM performs better compared to DL methods. Also, for fast enrollment of new speakers to an ASI system, GMM-UBM is definitely easier to manage and computationally cheaper, thus more practical. In DL-based method, for adding a new speaker, the model needs to be trained on all data, but in GMM only the new speaker's model is created and inserted to the model base.

For further research, we aim at using noise reduction, speaker diarisation and separation techniques on call center data to improve the performance of GMM-based ASI. Also, channel compensation techniques will be employed to reduce inter-session variability.

6. Acknowledgment

This study has been supported by Arcelik ITU R&D Center and the Scientific Project Unit (BAP) of Istanbul Technical University, project number: MOA-2019-42321. The authors thank to Cagri Aslanbas, Berna Erden, Pinar Baki, Ugur Halatoglu and Baris Bayram for their fruitful discussions.

References

Latinus, M. and Belin, P. (2011). Human voice perception. *Current Biology*, 21(4):R143 – R145.
 Jain, A. K., Flynn, P., and Ross, A. A. (2007). *Handbook of biometrics*. Springer Science & Business Media.

Beigi, H. (2011). *Fundamentals of Speaker Recognition*. Springer Publishing Company, Incorporated.
 Wolf, J. J. (1969). Acoustic measurements for speaker recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 46(1A):89–90.
 Soong, F. K., Rosenberg, A. E., Juang, B., and Rabiner, L. R. (1987). Report: A vector quantization approach to speaker recognition. *AT T Technical Journal*, 66(2):14–26.
 Reynolds, D. (1992). A Gaussian Mixture Modeling Approach to Text-independent Speaker Identification. College of Engineering, Georgia Institute of Technology.
 Zheng, R., Zhang, S., and Xu, B. (2004). Text-independent speaker identification using gmm-ubm and frame level likelihood normalization. In *2004 International Symposium on Chinese Spoken Language Processing*, pages 289–292. IEEE.
 Chowdhury, M. F. R., Selouani, S.-A., and O'Shaughnessy, D. (2010). Text-independent distributed speaker identification and verification using gmm-ubm speaker models for mobile communications. In *10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA 2010)*, pages 57–60. IEEE.
 Kenny, P. (2005) Joint factor analysis of speaker and session variability: Theory and algorithms. RIM, Montreal,(Report) CRIM-06/08-13, 14,28-29.
 Kenny, P., Stafylakis, T., Ouellet, P., and Alam, M. J. (2014). Jfa-based front ends for speaker recognition. In *2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pages 1705–1709. IEEE.
 Kanagasundaram, A., Vogt, R., Dean, D. B., Sridharan, S., and Mason, M. W. (2011). I-vector based speaker recognition on short utterances. In "Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Speech Communication Association", pages 2341–2344. International Speech Communication Association (ISCA).
 Jin, Q. and Waibel, A. (2000). Application of lda to speaker recognition. In *Sixth International Conference on Spoken Language Processing*.
 Kanagasundaram, A., Vogt, R. J., Dean, D. B., and Sridharan, S. (2012). Plda based speaker recognition on short utterances. In "The Speaker and Language Recognition Workshop (Odyssey 2012)". ISCA.
 Senoussaoui, M., Kenny, P., Brümmer, N., Villiers, E. d., and Dumouchel, P. (2011). Mixture of plda models in ivector space for gender independent speaker recognition. In *Twelfth Annual Conference of the International Speech Communication Association*.
 Y. Lukic, C. Vogt, O. Dürr and T. Stadelmann, "Speaker identification and clustering using convolutional neural networks," *016 IEEE 26th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP), 2016*, pp. 1-6, doi: 10.1109/MLSP.2016.7738816
 Nagrani, A., Chung, J. S., & Zisserman, A. (2017). Voxceleb: a large-scale speaker identification dataset. *arXiv preprint arXiv:1706.08612*.
 Chung, J. S., Huh, J., Mun, S., Lee, M., Heo, H. S., Choe, S., Ham, C., Jung, S., Lee, B.-J., and Han, I. (2020). In defence of metric learning for speaker recognition. *arXiv preprint arXiv:2003.11982*.
 Villalba, J., Chen, N., Snyder, D., Garcia-Romero, D., McCree, A., Sell, G., Borgstrom, J., Garcia-Perera, L. P., Richardson, F., Dehak, R., Torres-Carrasquillo, P. A., and Dehak, N. (2020). State-of-the-art speaker recognition with neural

- network embeddings in nist sre18 and speakers in the wild evaluations. *Computer Speech & Language*, 60:101026.
- Moon, T. K. (1996). The expectation-maximization algorithm. *IEEE Signal Processing Magazine*, 13(6):47–60.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems - Volume 1, NIPS'12*, pages 1097–1105, USA. Curran Associates Inc.
- Panayotov, V., Chen, G., Povey, D., and Khudanpur, S. (2015). Librispeech: an asr corpus based on public domain audio books. In *2015 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP)*, pages 5206–5210. IEEE.
- Simonyan, K. and Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- Li, R., Jiang, J.-Y., Li, J. L., Hsieh, C.-C., and Wang, W. (2020). Automatic speaker recognition with limited data. In *Proceedings of the 13th International Conference on Web Search and Data Mining*, pages 340–348.



Investigation of Electromagnetic Wave Propagation Frequencies in Two-Dimensional Photonic Crystals with Finite Differences Method

Ayşe Nihan Basmacı^{1*}, Seckin Filiz²

^{1*} Tekirdağ Namik Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Electronics and Automation Department, Tekirdağ, Turkey (ORCID: 0000-0003-3737-3751), anbasmaci@nku.edu.tr

² Tekirdağ Namik Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Machinery and Metal Technologies Department, Tekirdağ, Turkey (ORCID: 0000-0002-9383-8915), sfiliz@nku.edu.tr

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952419)

ATIF/REFERENCE: Basmacı, A. N. & Filiz, S. (2021). Investigation of Electromagnetic Wave Propagation Frequencies in Two-Dimensional Photonic Crystals Using Finite Differences Method. *European Journal of Science and Technology*, (26), 223-227.

Abstract

In this study, frequencies of electromagnetic wave propagation in two-dimensional photonic crystal structures are investigated. For this purpose, the electromagnetic wave propagation equation obtained by using Maxwell equations is solved with the finite differences method. The fundamental frequencies of electromagnetic wave propagation have been obtained with a low error rate of 3.10%.

Keywords: Electromagnetic wave propagation, Photonic crystals, Maxwell equations, Finite differences method.

İki Boyutlu Fotonik Kristallerde Elektromanyetik Dalga Yayılımı Frekanslarının Sonlu Farklar Yöntemiyle İncelenmesi

Öz

Bu çalışmada, iki boyutlu fotonik kristal yapılarda elektromanyetik dalga yayılımı frekansları incelenmektedir. Bu amaçla, Maxwell denklemleri kullanılarak elde edilen elektromanyetik dalga yayılımı denklemi sonlu farklar yöntemi ile çözülmektedir. Elektromanyetik dalga yayılımı temel frekansları %3,10 gibi düşük bir hata oranıyla elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik dalga yayılımı, Fotonik kristaller, Maxwell denklemleri, Sonlu farklar yöntemi.

* Ayşe Nihan Basmacı: Tekirdağ Namik Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Electronics and Automation Department, Tekirdağ, Turkey, ORCID: 0000-0003-3737-3751, anbasmaci@nku.edu.tr

1. Introduction

In recent years, developments in the fields of optics and telecommunications have gradually increased the need for structures such as photonic crystals and metamaterials (Pendry, 2000; Shalaev ve ark., 2005; Slyusar, 2009; Fathallah et al., 2014; Soltani et al., 2017). Structures such as photonic crystals or metamaterials are produced by positioning various structures with different or same material properties as periodic, non-periodic, sequential or layered. Each part of these structures with different material properties has a different effect on the electromagnetic wave propagation occurring in the structures. Dielectric constants (ϵ) and magnetic permeability constants (μ) of the structures are among the material properties whose effects on the electromagnetic wave propagation are examined. The frequencies of electromagnetic wave propagation in structures such as photonic crystals and metamaterials are determined as a result of the individual examination of the electromagnetic wave propagation behavior of each part of the structures. There are many studies in the literature that examine electromagnetic wave propagation frequencies (Busch et al., 2007; Itin 2010; Yamashita, 2011; Martellesio et al., 2015; Inampudi et al., 2016; Gu and He, 2020; Basmacı, 2020; Huang, 2021). It is possible to absorb electromagnetic waves in structures whose each layer having different material properties. (Sreekanthe et al., 2012; Watts et al., 2012; Basmacı and Filiz, 2021; Kumar et al., 2021). Furthermore, there are many studies on the production and experimental investigation of structures that allow the absorption of electromagnetic waves are also included in the literature (Micheli et al., 2015; Takayama et al., 2018; Faruque et al., 2020; Mabhouti et al., 2021).

Maxwell equations are used to theoretically examine the frequencies of electromagnetic wave propagation in two-dimensional structures, each point of which has different material properties. The partial differential equation of electromagnetic wave propagation obtained using Maxwell equations can be solved by various numerical methods. There are many studies in the literature in which the solution is performed using the finite difference method (Liu & Zhong, 2013; Chapra & Canale, 2015; Jia et al., 2018). In these studies, the finite difference method is preferred for the solution since the structures whose electromagnetic wave propagation behavior is examined are two-dimensional and each point of the structures has different material properties. Moreover, the frequencies of electromagnetic wave propagation in optical structures are examined using the finite difference method by drilling small circular holes or additions to the structures (Alipour-Banaei et al., 2017; Dideban et al., 2017; Xia et al., 2017).

In this study, frequencies of the electromagnetic wave propagation in two-dimensional plates are examined theoretically. These two plates differ from each other in terms of the distribution of material property parameters (ϵ, μ). The nodes in the center of the first plate have larger material property parameters than the nodes in their walls, while the nodes in the center of the second plate have smaller material property parameters than the nodes in their walls. In order to obtain electromagnetic wave propagation frequencies, the finite differences method is used.

2. Theoretical Analysis

Fundamental frequencies of the electromagnetic wave propagation in a two-dimensional plate having larger material parameters defined as $\left(\frac{1}{\mu\epsilon}\right)$ in its center, and fundamental frequencies of electromagnetic wave propagation in a two-dimensional plate having smaller material parameters in its center are examined theoretically. For this purpose, the solution of the electromagnetic wave propagation equation of the two-dimensional plates obtained by using Maxwell equations is investigated by using the finite differences method. Figure 1a illustrates a plate with greater material parameters in its center compared to its walls, while Figure 1b depicts a plate with smaller material parameters in its center compared to its walls.

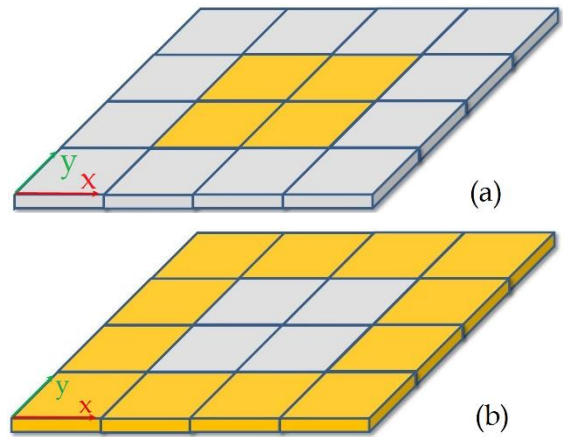


Figure 1. (a) A plate with greater material parameters in its center compared to its walls (S1 plate), (b) A plate with smaller material parameters in its center compared to its walls (S2 plate)

Maxwell equations used in forming the electromagnetic wave propagation equation related to the plates are as follows (Pozar, 2012):

$$\nabla \times \vec{E} = -if\mu\vec{H} \quad (1a)$$

$$\nabla \times \vec{H} = -if\epsilon\vec{E} \quad (1b)$$

where, μ is the magnetic permeability constant, ϵ is the dielectric constant, f is the electromagnetic wave frequencies, \vec{E} is the electric field, $i = \sqrt{-1}$, and \vec{H} is the magnetic field.

Solving both Equation (1a) and Equation (1b) together, the electromagnetic wave propagation equation is obtained as follows:

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_y}{\partial y^2} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

By applying the displacement function given as $H(x, y, t) = w(x, y) e^{-ift}$ to Equation (2), the solution of the electromagnetic wave propagation equation is obtained as follows:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu\epsilon f^2 w = 0 \quad (3)$$

where, w represents the amplitude of the travelling electromagnetic wave. By creating material parameters separately for the x and y axes in Equation (3), Equation (4) is obtained as follows:

$$A(x) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + B(y) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + f^2 w = 0 \quad (4)$$

where, $A(x)$ and $B(y)$ represents the material parameter of the two-dimensional plate along the x -axis and the material parameter of the two-dimensional plate along the y -axis, respectively. In this study, unlike other studies in the literature the material parameters of the plate are taken into account considering that the plate is two-dimensional.

In order to solve Equation (4) with the central finite differences method, it should be arranged as follows:

$$(x) \left[\frac{-w_{m-2,n} + 16w_{m-1,n} - 30w_{m,n} + 16w_{m+1,n} - w_{m+2,n}}{12\Delta x^2} \right] + B(y) \left[\frac{-w_{m,n-2} + 16w_{m,n-1} - 30w_{m,n} + 16w_{m,n+1} - w_{m,n+2}}{12\Delta y^2} \right] + f^2 w_{m,n} = 0 \quad (5)$$

The error rate of the derivative expressions in Equation (5) is of the order of $O(h^4)$ [17]. This equation is solved by defining the each node' material parameters of the two-dimensional plate separately. This approach makes it possible to determine the electromagnetic wave propagation frequencies of plates, each node having different material parameters. The two-dimensional plate given as the nodes (m, n) and the step lengths $(\Delta x, \Delta y)$ between the nodes, has a total of 4 nodes as shown in Figure 2.

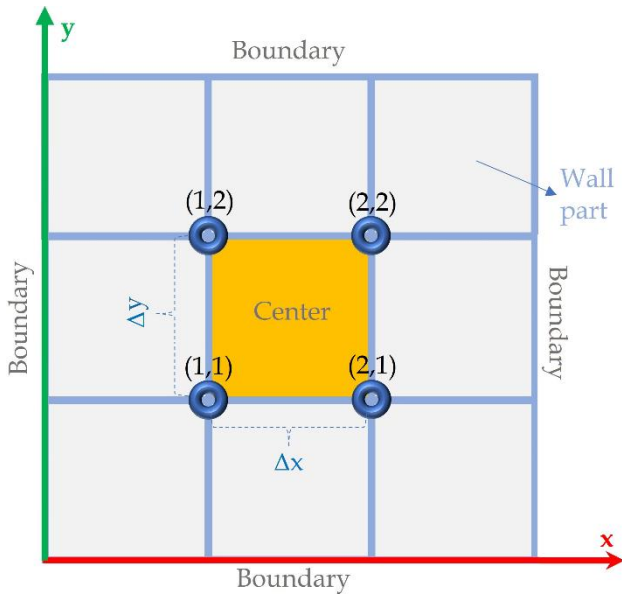


Figure 2. The nodes of the two-dimensional plate

In order to determine the electromagnetic wave propagation frequencies of the plate, it is necessary to determine the boundary conditions. The electromagnetic interaction is not observed in the parts and boundaries of the plate except for the nodes locating near the center. The nodes of the plate having electromagnetic interaction between them are $(1, 1)$, $(2, 1)$, $(1, 2)$, and (m, n) , respectively. These nodes are used to determine the frequencies of the electromagnetic wave propagation in plates by solving Equation (5).

$K(f)$ is an eigenvector, and it is arranged due to all the specified nodes given as $(1, 1)$, $(2, 1)$, $(1, 2)$, and (m, n) , respectively to obtain the following equation:

$$K(f) = \begin{bmatrix} a(f) & d & 0 \\ d & b(f) & \vdots \\ 0 & \vdots & \ddots \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (6)$$

where, $a(f)$ and $b(f)$ are frequency-dependent terms, and d is the non-frequency-dependent term. By equating the determinant of the matrix given in Equation (6) to zero, the f frequencies related to the electromagnetic wave propagation are obtained.

In this study, the frequencies of electromagnetic wave propagation in two plates with different material parameters are investigated. The first of these plates, the S1 plate, has greater material parameters in its center compared to its other parts. The second of these plates, the S2 plate, has greater material parameters on its walls compared to its other parts. Moreover, both plates include 9 nodes.

3. Results and Discussion

Mode 1 (fundamental) frequencies regarding the electromagnetic wave propagation in the S1 plate are given in Table 1a. The values in the table have been calculated for five different cases obtained by increasing the material parameters of the plate from 1 to 5 in the center of the plate. Mode 1 frequencies of electromagnetic wave propagation in the S2 plate are given in Table 1b. The values in the table have been calculated for five different cases created by increasing the material parameters on the walls of the plate from 1 to 5. The values in Table 1 have been obtained by the central finite differences method with the error rate having order of $O(h^4)$. In addition, the Mode 1 frequencies in the table have been obtained with an error rate of 3.10%. This error rate shows that the accuracy of the Mode 1 frequencies is sufficient for the use of the central finite differences method. It should be noted that Mode 1 frequencies increase by increasing the material parameters.

Table 1. Fundamental electromagnetic wave propagation frequencies for (a) the S1 plate, (b) the S2 plate

(a)	
Ratio of Material Parameters of S1 plate (In the center /At the walls)	Mode 1 frequencies (rad/s)
1/1	4.580
2/1	4.871
3/1	4.961
4/1	5.004
5/1	5.030
(b)	
Ratio of Material Parameters of S2 plate (In the center /At the walls)	Mode 1 frequencies (rad/s)
1/1	4.580
1/2	5.662
1/3	6.126
1/4	6.365
1/5	6.506

Mode 1 frequencies of electromagnetic wave propagation are affected more by the increase in material parameters of the center of the plate than by the increase in its walls. The fact that the material parameters of the plate are at the center or walls of the plate has an important effect on Mod 1 frequencies, at least

as well as the material parameters. As shown in Figure 3 and Figure 4, electromagnetic field distribution maps have been obtained with ANSYS Lumerical program for Mode 1

frequencies by increasing the material parameters of S1 and S2 plates from 1 to 5.

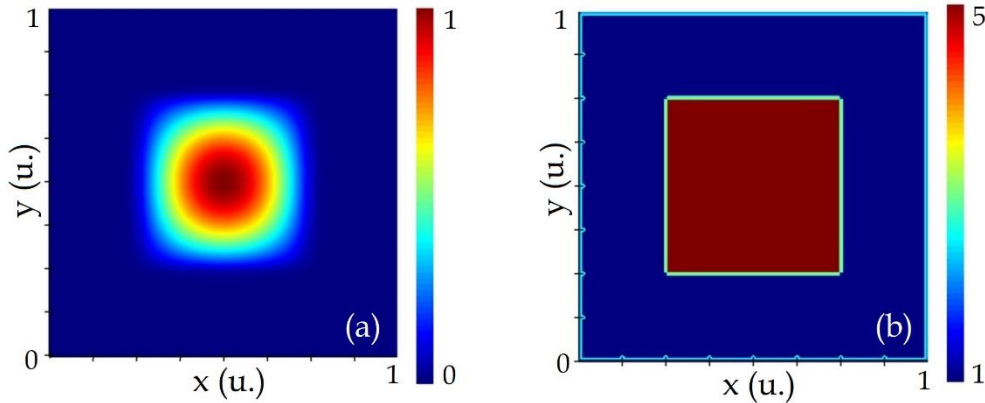


Figure 3. (a) Electromagnetic field distribution map of the S1 plate, (b) the material parameter variation of the S1 plate

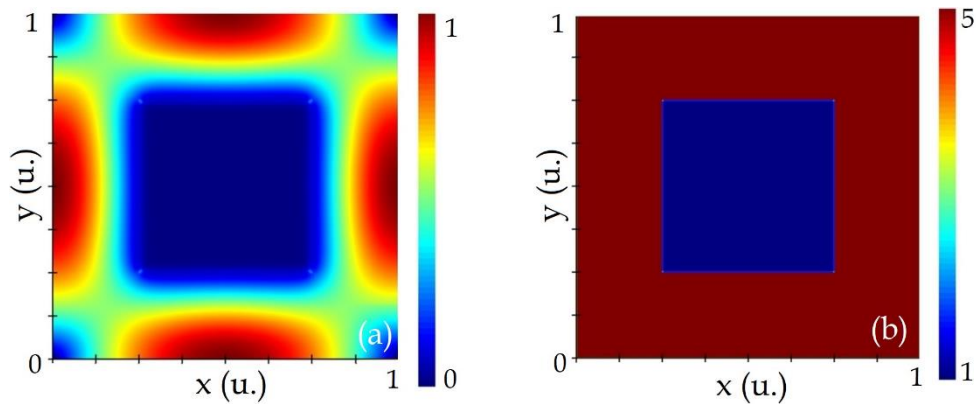


Figure 4. (a) Electromagnetic field distribution map of the S2 plate, (b) the material parameter variation of the S2 plate

4. Conclusions

In this study, the fundamental frequencies of electromagnetic wave propagation in a two-dimensional plate with larger material parameters in its center compared to its other parts, and the fundamental frequencies of electromagnetic wave propagation in another two-dimensional plate with smaller material parameters in its center compared to its other parts are obtained. For this purpose, the electromagnetic wave propagation equation obtained by Maxwell equations is solved by using the finite differences method. As a result, fundamental frequencies of electromagnetic wave propagation have been obtained with an error rate of 3.10%. The error rate of 3.10% has shown that the finite difference method is suitable for the solution. It has been concluded that the electromagnetic wave propagation frequencies are affected by the material parameters of the plates in terms of the parts they belong to. In other words, fundamental frequencies of electromagnetic wave propagation are affected more by the increase in material parameters of the center of the plate than by the increase in material parameters of the walls. This result enables the detection of the parts having different material parameters of the two-dimensional plates whose electromagnetic wave propagation frequencies are known. It is also possible that the analyzes conducted within the scope of this study can be applied to nanoplates, nanotubes, and phononic structures in future research.

References

- Alipour-Banaei, H., Serajmohammadi, S. & Mehdizadeh, F. (2017). All optical NAND gate based on nonlinear photonic crystal ring resonators. *Optik*, 130, 1214-1221.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.11.190>
- Basmacı, A. N. & Filiz, S. (2021). Merkezi işlem biriminde elektromanyetik dalga yayılımı davranışı, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 24, 5-9.
<https://doi.org/10.31590/ejosat.898242>
- Basmacı, A. N. (2020). Characteristics of electromagnetic wave propagation in a segmented photonic waveguide, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 22, 452-460.
- Busch, K., Freymann, G., Linden, S., Mingaleev, S. F., Tkeshelashvili, L. & Wegener, M. (2007). Periodic nanostructures for photonics. *Physics Reports*, 444, 101-202.
<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2007.02.011>
- Chapra, S. C. & Canale, R. P. (2015). *Numerical methods for engineers* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Dideban, A., Habibiyani, H. & Ghafoorifard, H. (2017). Photonic crystal channel drop filter based on ring-shaped defects for DWDM systems. *Physica E*, 87, 77-83.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.physe.2016.11.022>

- Faruque, M. R. I., Rahman, M., Hasan, M. M., Tamim, A. M., İdrus, I. N. & İslam, M. T. (2020). Architecture of left-handed metamaterial absorber for absorbing electromagnetic hazards. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 22, 495-500.
- Fathallah, W., Sakli, H. & Aguilu, T. (2014). Electromagnetic wave propagation in anisotropic metamaterial waveguides. *International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields*, 28(4), 479-486.
<https://doi.org/10.1002/jnm.2029>
- Gu, J. & He, Z. (2020). Electromagnetic modeling for FSS with anisotropic substrate by using a hybrid-accelerated VSIE method. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 113, 110-117.
<https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2019.12.011>
- Huang, Z., Zhou, J., Wang, L., Ma, R. & Xie, Q. (2021). Theoretical study on the electronic structures and electromagnetic wave absorption properties of Fe₃Si/PPy composites. *Materials Letters*, 282, 128875.
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128875>
- Inampudi, S., Nazari, M., Forouzmand, A. & Mosallaei, H. (2016). Manipulation of surface plasmon polariton propagation on isotropic and anisotropic two-dimensional materials coupled to boron nitride heterostructures. *Journal of Applied Physics*, 119, 025301.
<http://dx.doi.org/10.1016/1.4939616>
- Itin, Y. (2010). Dispersion relation for electromagnetic waves in anisotropic media. *Physics Letters A*, 374(9), 1113-1116.
<https://doi.org/10.1016/j.physleta.2009.12.071>
- Jia, S., La, D. & Ma, X. (2018). Numerical simulation of electromagnetic waves in Schwarzschild space-time by finite difference time domain method and Green function method. *Computer Physics Communications*, 225, 166-173.
<https://doi.org/10.1016/j.cpc.2017.12.009>
- Kumar, S., Kumar, P., Gupta, R. & Verma, V. (2021). Electromagnetic interference shielding behaviors of in-situ polyaniline nanocomposites and ferrite-polyaniline deposited fabrics in X-band frequency range. *Journal of Alloys and Compounds, Basimda*, 158331.
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.158331>
- Liu, S. & Zhong, S. Y. (2013). Analysis on polarization characteristic of electromagnetic propagation in anisotropic magnetized plasma media. *Optik*, 14, 389-392.
<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2011.12.007>
- Mabhouti, K., Karamirad, M., Norouzzadeh, P., Golzan, M. M. & Naderali, R. (2021). Measurement of nickel doped zinc oxide NPs resonance frequencies and electromagnetic properties in X-band. *Physica B: Physics of Condensed Matter*, 602, 412532.
<https://doi.org/10.1016/j.physb.2020.412532>
- Martellosio, A., Pasian, M., Bozzi, M., Perregini, L., Mazzanti, A., Svelto, F., Summers, P. E., Renne, G. & Bellomi, M. (2015). 0.5-50 GHz dielectric characterisation of breast cancer tissues. *Electronics Letters*, 51(13), 974-975.
- Micheli, D., Delfini, A., Santoni, F., Volpini, F. & Marchetti, M. (2015). Measurement of electromagnetic field attenuation by building walls in the mobile phone and satellite navigation frequency bands. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 14, 698-702.
<https://doi.org/10.1109/LAWP.2014.2376811>
- Pendry, J. B. (2000). Negative refraction makes a perfect lens. *Physical Review Letters*, 85(18), 3966-3969.
- Pozar, D. (2012). *Microwave Engineering*. Massachusetts: John Wiley & Sons.
- Shalaev, V. M., Cai, W., Chettiar, U. K., Yuan, H.-K., Sarychev, A. K., Drachev, V. D. & Kildishev, A. V. (2005). Negative index of refraction in optical metamaterials. *Optics Letters*, 30(24), 3356-3358.
<https://doi.org/10.1364/OL.30.003356>
- Slyusar, V. I. (2009). Metamaterials on antenna solutions. *International Conference on Antenna Theory and Techniques*, (ss. 19-24.). Lyiv, Ukraine.
- Soltani, A., Ouerghi, F., Abdelmalek, F., Haxha, S., Ademgil, H. & Akowuah, E. K. (2017). Unidirectional light propagation photonic crystal waveguide incorporating modified defects. *Optik*, 130, 1370-1376.
<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.11.179>
- Sreekanthe, K. V., Zeng, S., Shang, J., Yong, K.-T. & Yu, T. (2012). Excitation of surface electromagnetic waves in a graphene-based Bragg grating. *Scientific Reports*, 2(1), 00737.
<https://doi.org/10.1038/srep00737>
- Takayama, O., Dmitriev, P., Shkondin, E., Yermakov, O., Panah, M., Golenitskii, K., Jensen, F., Bogdanov, A. & Lavrinenko, A. (2018). Experimental observation of Dyakonov plasmons in the mid-infrared. *Semiconductors*, 52(4), 698-702.
- Watts, M. C., Liu, X. & Padilla, W. J. (2012). Metamaterial electromagnetic wave absorbers. *Advanced Optical Materials*, 24, OP98-OP120.
<https://doi.org/10.1002/adma.201200674>
- Xia, T., Yu, H., Chen, Z., Huang, L., Liu, X. & Hu, M. (2017). Design and analysis of a field-modulated tubular linear permanent magnet generator for direct-drive wave energy conversion. *IEEE Transactions on Magnetics*, 53(6), 8103904.
<https://doi.org/10.1109/TMAG.2017.2662080>
- Yamashita, O. (2011). Spin and orbital angular momenta defined for electromagnetic fields in planar anisotropic media. *Optics Communications*, 284, 2532-2537.
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2011.01.049>



Hafif Elektrikli Araçlar için Asenkron Motor Tasarımı ve Uygulaması

Cemil Ocak^{1*}, Burak Yenipınar²

^{1*} Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6542-6350), cemilocak@gazi.edu.tr

² OSTİM Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5997-944X),
burak.yenipinar@ostimteknik.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.949092)

ATIF/REFERENCE: Ocak, C. & Yenipınar, B. (2021). Hafif Elektrikli Araçlar için Asenkron Motor Tasarımı ve Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 228-233.

Öz

Hafif elektrikli araçlarda kullanılacak asenkron tahrik motorlarının (ATM) hız, moment ve güç değerleri, kullanımının amaçlandığı bölgedeki sürüş çevrimine bağlı olarak kalkış ve fren yapma sayısı, hız limiti, ivme ihtiyacı, toplam araç ağırlığı gibi birçok parametreye bağlı olarak değişmektedir. Fakat endüstriyel tip sincap kafesli asenkron motorlar sürekli çalışma rejiminde ve anma şartlarında şebekeden çalışmaya uygun olarak tasarlanırlar ve elektrikli araçlar için kullanılacak asenkron tahrik motorlarından tasarım ve performans istekleri bakımından önemli ölçüde ayrışırlar. Bu çalışma, hafif elektrikli araçlarda kullanılmak üzere özelleştirilmiş, 48V DC batarya gerilimine sahip, 3,5kW gücünde ve S2-60dk çalışma rejiminde çalışabilecek bir ATM'nin tasarımını, sonlu eleman analizlerini (SEA), performans çıktılarını, prototip üretimi gerçekleştirilen motorun test sonuçlarını ve tasarım sonuçları ile karşılaştırmasını sunmaktadır. Çalışmada ihtiyaç duyulan motor özelliklerine yönelik temel boyutlandırma eşitlikleri, tasarlanan asenkron motorun fiziksel ölçüleri, stator ve rotor oluk ölçüleri, sarım özellikleri ve performans değerleri verilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen motor öncelikle SEA analizlerine tabi tutularak farklı çalışma koşullarındaki akı dağılımları ve akım yoğunlukları verilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen prototip asenkron tahrik motoru sekiz farklı hız ve yük şartında test edilerek frekans, gerilim, akım, hız, moment, çıkış gücü, güç faktörü ve verim sonuçları tasarım sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde prototip motor farklı yük şartlarında ısı testlerine alınarak ısı artışı eğrileri elde edilmiş ve sunulmuştur. Test sonuçları ile tasarım sonuçları büyük oranda benzerlik göstermiş olup, tasarım sonuçları test sonuçları ile doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç, Asenkron Motor, Sonlu Eleman Analizi, Test ve Doğrulama.

Design and Implementation of Asynchronous Motor For Light Electric Vehicles

Abstract

Speed, torque and power values of asynchronous traction motors (ATM) to be used in light electric vehicles vary depending on many parameters such as the number of starting and braking, speed limit, need for acceleration, total vehicle weight, depending on the driving cycle in the area where it is intended to be used. However, industrial type squirrel cage asynchronous motors are designed to operate from the mains in continuous running duty and rated conditions, and they differ significantly from asynchronous traction motors to be used for electric vehicles in terms of design and performance requirements. This study aims to design an asynchronous traction motor to be used in light electric vehicles which has 48V DC battery voltage, 3,5kW power and S2-60min short-time duty. Finite element analysis (FEA), performance outputs, test results of the prototype motor have been carried out with comparative results. Basic sizing equations for the required motor properties, physical dimensions of the designed asynchronous motor, stator and rotor slot dimensions, winding properties and performance values are given in the study. The designed motor is firstly subjected to FEA analyses and flux distributions and current densities in different operating conditions are given. The prototype asynchronous traction motor was tested under eight different speed and load conditions, and the results of frequency, voltage, current, speed, torque, output power, power factor and efficiency were compared with the simulation results. Similarly, the prototype motor was taken to temperature rise tests under different load conditions, and temperature curves were obtained and presented. The test results and the design results were substantially similar, and the design results were confirmed by the test results.

Keywords: Electric Vehicle, Induction Motor, Finite Element Analysis, Test and Verification.

* Sorumlu Yazar: Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6542-6350, cemilocak@gazi.edu.tr

1. Giriş

Batarya teknolojilerinde yaşanan ilerleme ve kWh başına ortalama batarya maliyetlerin giderek düşmesi elektrikli araçlara olan talebi ve kullanımı giderek yaygınlaştırmaktadır [1, 2]. Gerek üreticilerin giderek ağırlaşan emisyon standartlarına uyum çabası, gerekse kullanıcıların elektrikli araçların sunduğu eşsiz moment karakteristiğine ve çevreciliğine olan talebi, elektrikli araçlarda önemli bir ivme yakalanmasına katkı sağlamıştır. Giderek artan popüleritesine paralel olarak son zamanlarda hibrit ve elektrikli araç teknolojilerinde yenilikçi çalışmaların sayısı hızla artmaktadır [3-5].

Elektrik motorları, elektrikli araçların en önemli unsurlarından biridir [6]. Literatürde her ne kadar çok sayıda farklı elektrik motoru türünün elektrikli araçlarda kullanıldığı ifade edilse dahi [3, 7], günümüz elektrikli araçlarının hemen hemen tamamında Asenkron Motorlar (IM) ve Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorlar (SMSM) yaygın olarak kullanılmaktadır. SMSM'in moment yoğunluğu ve verim değerleri asenkron motorlara kıyasla daha yüksektir [8]. Bununla birlikte, SMSM'lerin rotorlarında kullanılan nadir element içeren mıknatısların yüksek maliyeti ve fiyat istikrarsızlığı üreticiler için önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir [2, 9]. Benzer şekilde sıcaklığa bağlı demagnetizasyon riski SMSM'lerin en önemli dezavantajıdır [10]. Sürekli yüksek performanslı kullanım sonucunda SMSM sıcaklığı artmakta ve sıcaklık artışını sınırlamak için etkin sıvı soğutma kullanılmaktadır. Sıvı soğutma tedbirine paralel olarak motor sürücüsü üzerinden sıcaklığa bağlı akım sınırlama yaygın olarak kullanılmaktadır. Asenkron motorlar ise basit yapıları, dayanıklılığı, düşük maliyetleri, hız kontrol tekniklerinin gelişmişliği ve SMSM'lere göre daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilme kabiliyeti sebebiyle elektrikli araçlarda tahrik motoru tercih edilmektedir [5, 11, 12]. Asenkron motorlarda demagnetizasyon riskinin olmaması, stator sargılarının izolasyon sınırları dahilinde çok daha yüksek sıcaklıklarda sorunsuz çalışabilmelerine imkan sağlamaktadır. Her ne kadar yüksek sıcaklık dayanımı söz konusu ise de, elektrikli otomobillerde sürekli çıkış gücü süresini arttırmak için yine sıvı soğutma ile tercih edilmektedirler. Elektrikli otomobil ve gelişmiş türevlerinin aksine hafif elektrikli araçlarda (>1kW, <15kW) ise sıvı soğutma gerek maliyet, gerek se soğutma sisteminin beraberinde getireceği ek ünitelerin yapısal entegrasyon sorunu sebebiyle nadiren kullanılmaktadır. Hafif elektrikli araçlarda sıvı soğutma bulunmaması, bu araçlarda SMSM'lerin kullanılmasının önündeki en büyük engellerden biridir. Bu sebeple hafif elektrikli araçların büyük çoğunluğunda asenkron motorlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Endüstriyel tip bir asenkron motorun sadece stator sargısının değiştirilerek elektrikli araçlarda kullanıma uygun hale getirilebileceği sıklıkla karşılaşılan yanlış değerlendirmelerden biridir. Elektrikli araçlarda kullanılacak tahrik motorlarının tasarımı farklı bir konudur. Temel olarak, stator ve rotor geometrileri minimum motor hacminde maksimum momenti sağlayabilecek şekilde optimize edilmeli, geniş bir hız-moment aralığında maksimum verim ve güç katsayısı sağlamalı ve motor boyutlandırılması soğutma sisteminin sürüş çevrimi ile olan ilişkisi sonucunda ortaya çıkacak ısı artışının limitlere uygun olup olmadığına göre gerçekleştirilmelidir [5].

Bu çalışmada hafif elektrikli araçlarda kullanılmak üzere özelleştirilmiş, 48V DC batarya gerilimine sahip, 3,5kW gücünde ve S2-60dk çalışma rejiminde çalışabilecek bir ATM'unun

tasarımını, sonlu eleman analizlerini (SEA), performans çıktılarını, prototip üretimi gerçekleştirilen motorun test sonuçlarını ve tasarım sonuçları ile karşılaştırmasını sunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Asenkron Tahrik Motorunun Boyutlandırılması

Asenkron motorların tasarımında boyutlandırma hesapları kritik öneme sahiptir. Motorun temel boyutlandırma eşitlikleri [13]'de verildiği gibi hesaplanabilir. C_0 (Esson katsayısı) olup motorun temel boyutlarını elde etmek için kullanılan hacim kullanım faktörüdür ve Eşitlik (1) yardımıyla hesaplanır.

$$C_0 = \frac{60 \times S_0}{D_{ic}^2 \times L \times n_0} \quad (1)$$

Verilen eşitlikte S_0 hava aralığı görünür gücü, D_{ic} Stator iç çapı, L motor nüve uzunluğu, n_0 motorun senkron hızını ifade etmektedir. Eşitlik (1) yardımıyla C_0 elde edildikten sonra motorun aktif hacmi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$D_{ic}^2 \times L = \frac{60 \times K_E \times P_n}{C_0 \times L \times n_0 \times \cos \varphi_{1n}} \quad (2)$$

Burada, K_E zıt emk katsayısı, P_n motor anma gücü, $\cos \varphi_{1n}$ motorun anma şartlarındaki güç faktörü değeridir. Genel boyutlandırma hesaplamalarında λ kutup adımı için bir değer belirlenmesi geleneksel bir hesaplama yaklaşımdır ve aşağıdaki Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\lambda = \frac{2 \times L \times p_1}{\pi \times D_{ic}} \quad (3)$$

Verilen eşitlikte p_1 kutup çifti sayısını ifade etmektedir. Motorun aktif hacmi ($D_{ic}^2 \times L$) hesaplandıktan sonra D_{ic} ve L değerlerinin ayrıştırılması gerekmektedir. Yukarıda verilen Eşitlik (2) ve Eşitlik (3)'e göre stator iç çapı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$D_{ic} = \sqrt[3]{\frac{2 \times p_1 \times K_E \times P_n}{\pi \times \lambda \times C_0 \times f_1 \times \eta_n \times \cos \varphi_{1n}}} \quad (4)$$

Burada f_1 motor anma frekansını, η_n motor verimini ifade etmektedir. Anma şartlarındaki motor verimi ve güç faktörü değerleri geçmiş tasarım tecrübeleri doğrultusunda seçilmektedir. Stator iç çapı hesaplanan motorun stator dış çapı ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$D_{dis} = D_{ic} + 2 \times (h_s + h_{cs}) \quad (5)$$

Verilen Eşitlik (5)'de, h_s stator oluk yüksekliğinin yaklaşık değeri, h_{cs} ise stator boyunduruk mesafesine karşılık gelmektedir. Stator iç ve dış çapı hesaplanan motorun nüve uzunluğu Eşitlik (6)'da görüldüğü gibi hesaplanabilir.

$$L = \lambda \times \frac{\pi \times D_{ic}}{2 \times p_1} \quad (6)$$

Motorun hava aralığı uzunluğu elektrik motorunun performansını etkileyen önemli bir parametredir ve rotor çevresel hızı limitleri içerisinde Eşitlik (7)'de verildiği gibi hesaplanabilir.

$$\text{Hava Aralığı} \approx (0.1 + 0.012 \sqrt[3]{P_n}) \cdot 10^{-3} (m) \quad (7)$$

Bu bölümde motorun stator dış ve iç çapı, nüve uzunluğu ve hava aralığı uzunluğu gibi motorun temel boyutlandırma eşitlikleri paylaşılmıştır. Daha detaylı tasarım eşitlikleri [13-14] kaynaklarda verilmektedir.

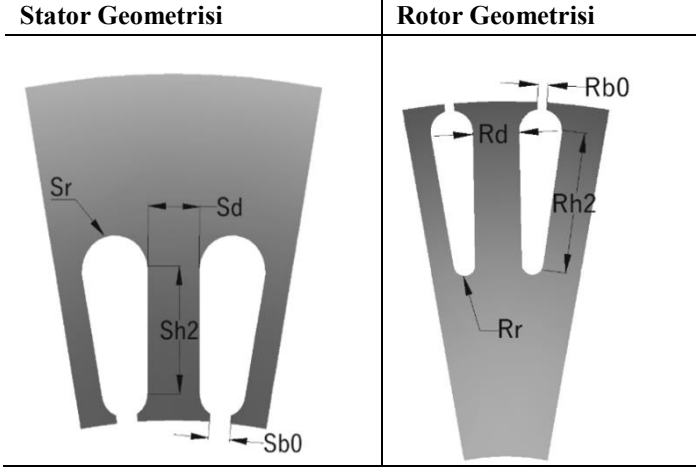
2.1. Tasarlanan Asenkron Tahrik Motoru ve Özellikleri

Çalışmada golf, forklift, personel taşıma ve hizmet araçları gibi hafif elektrikli araçlarda kullanıma uygun bir asenkron tahrik motoru tasarlanmıştır. Tasarlanan ATM'na ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Nüve kayıpları, asenkron motorun kayıpları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Nüve kayıplarını azaltmak için ise düşük

Tablo 2. Asenkron motorun özellikleri

Temel Motor Özellikleri		Stator ve Rotor Oluk Ölçüleri	
Stator Dış Çap (mm)	210	Sb0 (mm)	2.5
Stator İç Çap (mm)	135	Sd (mm)	6
Rotor Dış Çap (mm)	134	Sr (mm)	3.4
Rotor İç Çap (mm)	60	Sh2 (mm)	13.2
Nüve Uzunluğu (mm)	90	Rb0 (mm)	1
Anma Gerilimi (V)	30	Rd (mm)	4
Anma Hızı (1/dk)	3010	Rh2 (mm)	14
Anma Gücü (kW)	3,5	Rr (mm)	1.15
Bağlantı Tipi	Δ	Stator Oluk Sayısı	36
Sipir Sayısı	7	Rotor Oluk Sayısı	40
Paralel Kol Sayısı	2	Rotor Bar Malzemesi	Alüminyum
Adım	9	Kayık (°)	9

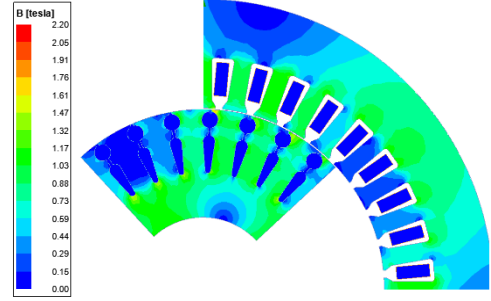


Nüve kayıpları, asenkron motorun kayıpları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Nüve kayıplarını azaltmak için ise düşük W/kg kayıplı silisli saclar kullanılmaktadır. Elektrikli araçlarda motor veriminin doğrudan araç menzili ile ilişkili olduğu değerlendirildiğinde, ATM'de kullanılacak nüve malzemesinin düşük W/kg kayıp özelliğine sahip olması beklenmektedir. Bu sebeple bu çalışmada M330-50A kullanılmıştır. Bununla birlikte kayıplar içerisinde en büyük paya sahip olan stator ve rotor bakır kayıpları için yüksek doluluk oranı sunan oluk geometrileri elde edilmiştir.

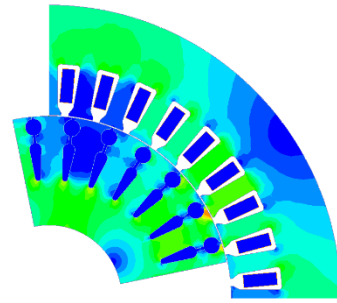
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Sonlu Eleman Analizi Sonuçları

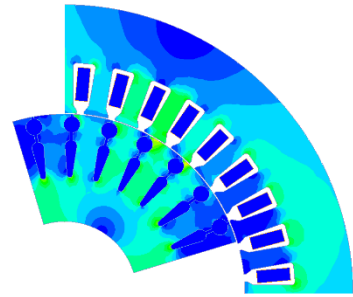
Tasarımı gerçekleştirilen ATM'nun elektromanyetik sonlu eleman analizleri ANSYS Maxwell yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.



(a)

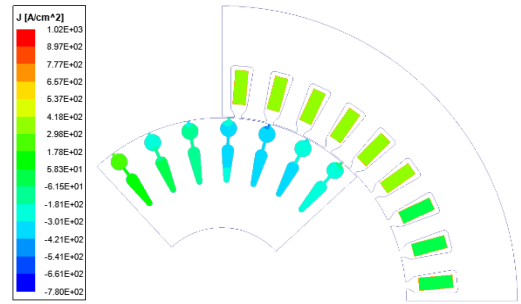


(b)

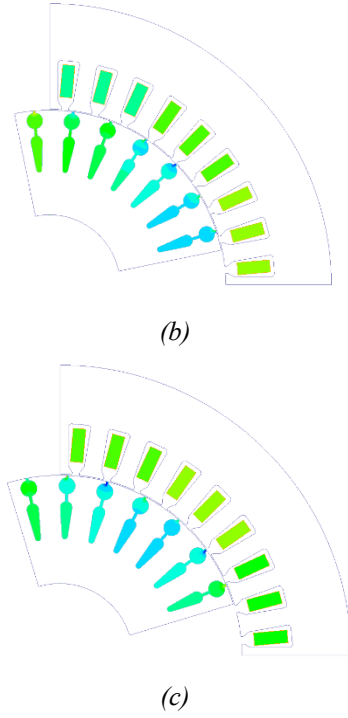


(c)

Şekil 1. Manyetik akı yoğunluğu (T) dağılımı, (a) Sabit tork bölgesi (33Hz), (b) Anma noktası (102Hz), (c) Sabit güç bölgesi (134Hz)



(a)



Şekil 2. Akım yoğunluğu (A/cm^2), (a) Sabit tork bölgesi (33Hz), (b) Anma noktası (102Hz), (c) Sabit güç bölgesi (134Hz)

Yapılan analizler geçici durum analizleri olup, sabit moment bölgesi, anma noktası ve sabit güç bölgesi olmak üzere üç farklı çalışma bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Böylelikle kalkış anından alan zayıflatma bölgesinin sonuna kadar geniş bir aralıkta akı ve akım yoğunluklarının uygunluğu incelenmiştir.

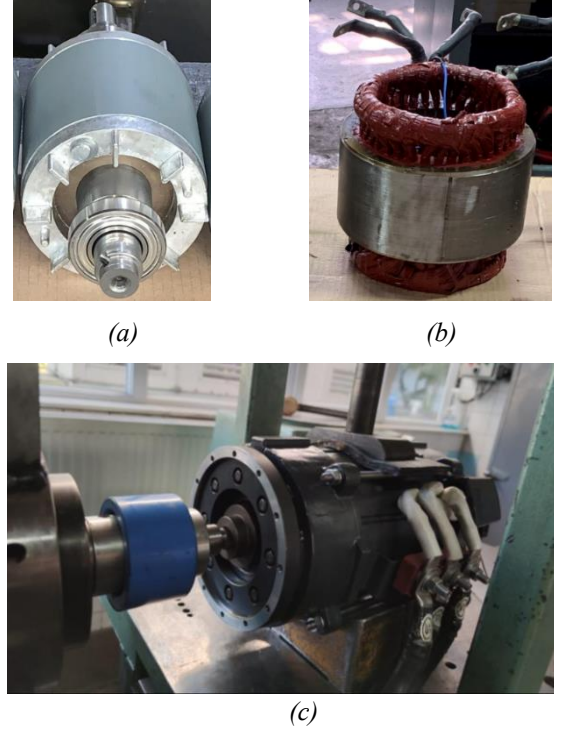
Elektrikli araçlarda kullanılan ATM'lerinin, sabit moment bölgesinde yani anma hızından daha düşük hızlarda, anma momentini üretebilmesi beklenmektedir. Şayet anma noktasındaki akı yoğunluğu doyum bölgesine yakın seçilir ise, kalkış anından itibaren üretilebilecek maksimum moment sınırlı olacaktır. Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen, üç farklı çalışma noktasındaki analiz sonuçları incelendiğinde motordaki ortalama manyetik akı yoğunluğu değerinin 1,3 T, stator ve rotor sargılarındaki akım yoğunluğunun ise maksimum $3,5 A/mm^2$ civarında olduğu görülmektedir. Bu değerler, nüvenin doyum bölgesinde çalışmadığını göstermekle birlikte motorun anma momentinden fazlasını üretme kabiliyeti olduğunu da göstermektedir.

Asenkron motorların kayıplarının yaklaşık olarak %40-%70'ı rotor ve stator iletim kayıplarından meydana gelmekte ve rotor ve stator akım yoğunluğunun karesi ile orantılı olarak değişmektedir. Asenkron motorlarda bu kayıplar ısı olarak açığa çıkmaktadır. ATM'nun IC 410 soğutma tipinde ve S2-60 dakika çalışma rejimine uygun olarak tasarlandığı değerlendirildiğinde, ısı artışını kontrol altında tutmak için her üç çalışma bölgesinde de akım yoğunluklarının kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir.

3.2. Test Sonuçları ve Karşılaştırma

Simülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen ATM tasarımı, test sonuçları ile karşılaştırılarak doğrulanmak için prototip olarak üretilmiştir. Ayrıca, elektrikli araçlarda kullanılan tahrik motorları geniş bir hız aralığında çalıştığından, motorun farklı hız ve yük durumundaki verim, akım, güç faktörü gibi performans

parametreleri gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilerek tasarım sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Prototip üretimi ve testi yapılan ATM, (a) rotor, (b) stator, (c) test.

Test süresince motor durdurulmadan ve yaklaşık olarak aynı akım değerlerinde kalacak şekilde belirlenen noktalarda dinamometre ile yüklenmiş, performans değerleri ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Belirlenen çalışma noktaları sabit güç bölgesini, anma noktasını ve alan zayıflatmanın devrede olduğu sabit güç bölgesi kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Farklı hız ve yük durumundaki test sonuçları ile tasarım çalışması sonucunda elde edilen performans değerleri Tablo 2'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

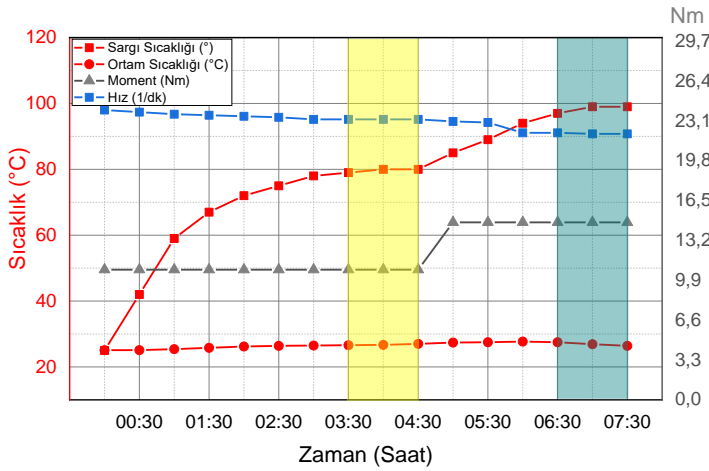
Tablo 2 incelendiğinde, tasarım ve test sonuçlarının farklı çalışma noktalarında birbirine yakın olduğu görülmektedir. Tasarımda elde edilen güç faktörlerinin test sonuçlarına kıyasla daha iyimser olduğu, bununla birlikte daha düşük akımlar elde edildiği görülmektedir. Geniş bir hız aralığında yüksek verimlilik ve güç katsayısı sunması beklenen motorun bu değerleri karşıladığı görülmekle birlikte, özellikle anma çalışma noktasına yakın bölgelerde en yüksek verimlilik elde edilmektedir. Farklı aktarma oranı ve motor anma hızının söz konusu olabileceği farklı uygulamalarda, aracın sürüş profili dikkate alınarak ağırlıklı olarak çalıştığı hız ve etkin moment değerlerine göre anma noktası revize edilmelidir.

ATM'nin diğer önemli bir testi ise sargı sıcaklık artışının elde edilmesidir. Tasarlanan motor, sürüş profilinde elde edilen etkin moment değerini belirtilen izolasyon sınıfının izin verdiği sıcaklık artışı limiti içerisinde sürekli olarak sağlamalıdır. S2-60 dakika çalışma rejiminde 102Hz ve 3,5kW gücünde tasarlanan motorun sabit güç bölgesindeki sürekli çalışma durumundaki gücünü tespit etmek için sıcaklık artışı testi yapılmıştır. Soğutma etkinliğinin azaltıldığı senaryoyu dikkate almak için motor anma hızının 2/3 'ünde anma gücünü sağlayabilecek şekilde yükü kademe kademe arttırılmıştır.

Tablo 2. Tasarım ve test sonuçları

	Frekans (Hz)	Gerilim (V)	Akım (A)	Devir (1/dk)	Moment (Nm)	Çıkış Gücü (kW)	Güç Faktörü	Verim (%)
Tasarım	33	9,70	91,43	935,6	10,92	1,07	0,871	79,97
Test		9,70	95,04	933	11	1,07	0,848	79,02
Tasarım	50	15,00	89,89	1450	11,06	1,68	0,857	83,94
Test		15,00	91,38	1455	11	1,68	0,828	85,46
Tasarım	67	20,40	88,47	1963	11,04	2,27	0,847	85,73
Test		20,40	90,40	1968	11	2,27	0,812	87,52
Tasarım	75	22,60	88,79	2202	11,01	2,54	0,848	86,18
Test		22,60	90,87	2206	11	2,54	0,815	87,62
Tasarım	95	28,30	89,31	2801	11	3,23	0,848	87,01
Test		28,30	92,23	2800	11	3,23	0,813	87,88
Tasarım	102	30,00	90,87	3010	11,1	3,5	0,85	87,21
Test		30,00	91,78	3009	11	3,47	0,823	88,41
Tasarım	117	30,00	89,30	3452	9,68	3,5	0,862	87,5
Test		30,00	92,82	3444	9,7	3,5	0,836	86,8
Tasarım	134	30,00	88,48	3953	8,45	3,5	0,868	87,7
Test		30,00	95,04	3962	8,5	3,53	0,825	86,64

Zamana karşılık motor momentinin, motor hızının, sarğı ve ortam sıcaklığının değişimi aşağıdaki Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Sıcaklık Artışı ve Sürekli Gücün Bulunması

Yapılan testte, motorun momentini başlangıçta 11 Nm olarak belirlenmiştir. 270 dakika sonunda motorun 80°C’de ısıl rejime girdiği tespit edilerek moment değeri 14,7 Nm’ye yükseltilerek teste devam edilmiştir. Devamındaki 180 dakika sonunda motor artan yükünde yeni bir sıcaklık noktasında ısıl rejime girdiği gözlemlenmiş ve test bitirilmiştir. Test sonucunda motorun sürekli çalışma (S1) gücündeki momentini, S2-60 dakika gücündeki momentinden yaklaşık olarak %16 daha düşük olarak elde edilmiştir. Hedeflenen sıcaklık artışı 105 °C’olduğundan motorun yükü daha fazla arttırılmadan test tamamlanmıştır. Şayet izin verilen sıcaklık artışı 125 °C’olarak belirlenir ise motorun yükü bir miktar daha arttırılabilecektir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, 48V DC batarya grubu kullanan hafif elektrikli araçlarda kullanılacak 102 Hz anma frekansında ve 3,5kW anma gücünde bir ATM’nun tasarımı ve uygulaması

gerçekleştirilmiştir. Hafif elektrikli araçlarda kullanım için özelleştirilmiş tasarıma sahip bir ATM’nun tasarım özellikleri, farklı çalışma noktalarındaki SEA analizleri sunulmuştur.

Tasarım çalışmaları sonucunda elde edilen motorun prototip üretimi gerçekleştirilmiş ve farklı çalışma şartlarında test edilmiştir. Çalışma sonucunda tasarım ve test sonuçlarındaki fark kabul edilebilir düzeyde gerçekleşmiştir. Anma şartlarındaki motorun verimi tasarım sonucunda %87,21 olarak elde edilirken test sonuçlarında %88,41 olarak gerçekleşmiştir. Prototip üretimi gerçekleştirilen motorun farklı çalışma noktalarındaki tasarım-test karşılaştırması için anma noktası (102Hz) dışında 33, 50, 67, 75, 95, 117 ve 134 Hz değerlerinde performans değerleri elde edilmiştir. Tüm çalışma noktalarında tasarım ve test sonuçlarının büyük oranda yakınlık gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, S2-60dk çalışma rejiminde 105°C’olarak hedeflenen sıcaklık artışı değeri için, motorun sürekli çalışma gücü yine testler ile elde edilmiştir. 105°C’ sıcaklık artışı veren sürekli çalışma gücü yaklaşık olarak 3kW olarak elde edilmiştir. Böylelikle IC 410 tipi soğutma metoduna sahip S2-60dk çalışma rejimindeki bir asenkron tahrik motorunun, sürekli sağlayabileceği çıkış gücü, S2-60dk çıkış gücünün yaklaşık %84’ü olarak bulunmuştur.

Çalışmanın devamında prototip üretimi gerçekleştirilen ATM’nun S2-5dk ve S2-2dk şartlarında maksimum sürekli çıkış gücü ve momentini değerlerinin elde edilmesi planlanmaktadır.

5. Teşekkür

Yazarlar, çalışmaya katkılarında dolayı ELSAN Elektrik San. ve Tic. A.Ş’ye teşekkür ederler.

Kaynakça

- [1] Huda, M., Aziz, M., & Tokimatsu, K. (2019). The future of electric vehicles to grid integration in Indonesia. Energy Procedia, 158, 4592-4597.
- [2] Boldea, I., Tutelea, L. N., Parsa, L., & Dorrell, D. (2014). Automotive electric propulsion systems with reduced or no permanent magnets: An overview. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 61(10), 5696-5711.

- [3] Dorrell, D. G., Knight, A. M., Popescu, M., Evans, L., & Staton, D. A. (2010, September). Comparison of different motor design drives for hybrid electric vehicles. In 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (pp. 3352-3359). IEEE.
- [4] Çiçek, A., & Erdinç, O. (2019). PV-Batarya Hibrit Sistemi İçeren Elektrikli Araç Otoparkının Şarj Yönetimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 466-474.
- [5] Terras, J. M., Neves, A., Sousa, D. M., & Roque, A. (2010, September). Estimation of the induction motor parameters of an electric vehicle. In 2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Sokolov, E. (2017, June). Comparative study of electric car traction motors. In 2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA) (pp. 348-353). IEEE.
- [7] De Santiago, J., Bernhoff, H., Ekergård, B., Eriksson, S., Ferhatovic, S., Waters, R., & Leijon, M. (2011). Electrical motor drivelines in commercial all-electric vehicles: A review. *IEEE Transactions on vehicular technology*, 61(2), 475-484.
- [8] Pellegrino, G., Vagati, A., Boazzo, B., & Guglielmi, P. (2012). Comparison of induction and PM synchronous motor drives for EV application including design examples. *IEEE Transactions on industry applications*, 48(6), 2322-2332.
- [9] Cui, J., Kramer, M., Zhou, L., Liu, F., Gabay, A., Hadjipanayis, G., ... & Sellmyer, D. (2018). Current progress and future challenges in rare-earth-free permanent magnets. *Acta Materialia*, 158, 118-137.
- [10] Ruoho, S., Kolehmainen, J., Ikaheimo, J., & Arkkio, A. (2009). Interdependence of demagnetization, loading, and temperature rise in a permanent-magnet synchronous motor. *IEEE Transactions on Magnetics*, 46(3), 949-953.
- [11] Bitar, Z., & Al Jabi, S. (2014). Studying the performances of induction motor used in electric car. *Energy Procedia*, 50, 342-351.
- [12] Ulu, C., Korman, O., & Kömürgöz, G. (2017, July). Electromagnetic and thermal analysis/design of an induction motor for electric vehicles. In 2017 8th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE) (pp. 6-10). IEEE.
- [13] Boldea, I. (2020). *Induction machines handbook*. CRC press.
- [14] Sen, P. C. (2007). *Principles of electric machines and power electronics*. John Wiley & Sons.



İkili Gri Kurt ve İkili Harris Şahin Optimizasyonları ile Web Haber Sayfalarının Sınıflandırılması

Muhammet Aktaş^{1*}, Fatih Kılıç²

^{1*} Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2598-3387), maktas@atu.edu.tr

² Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8550-1562), fkilic@atu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950497)

ATIF/REFERENCE: Aktaş, M. & Kılıç, M. (2021). İkili Gri Kurt ve İkili Harris Şahin Optimizasyonları ile Web Haber Sayfalarının Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 234-241.

Öz

İnternetin hızlı gelişmesi ile başta haber kaynakları, e-ticaret ve sosyal ağ uygulamaları olmak üzere çok sayıda web hizmeti ve sayfaları kullanıma sunuldu. Bu uygulamaların kullanımı ile inanılmaz büyüklükte video, ses ve metin gibi içerikler oluştu. Oluşan bu verilerin doğru olarak sınıflandırılması, web uygulamasından faydalanan kullanıcıların istedikleri verilere daha hızlı ve kolay erişmesini sağlar. Çok sayıda öznitelikten oluşan bu veriler metin sınıflandırması için yüksek hesaplama sürelerine neden olur. Yüksek boyutlara sahip veriler için daha az öznitelik ve düşük hesaplama süresi ile yüksek doğrulukta metin sınıflandırma başarısını öznitelik seçimi metotları kullanımı ile sağlamak mümkündür. Literatürde metin sınıflandırmasında kullanılan öznitelik seçimi metotları filtreleme, sarma, gömülü ve hibrit yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada, metin sınıflandırılmasında öznitelik seçimi için İkili Gri Kurt Optimizasyonu (IGKO) ve İkili Harris Şahin Optimizasyonu (IHSO) algoritmaları ReliefF ile beraber kullanılmıştır. Çalışmada algoritmaların sonuçlarını değerlendirmek için 2 farklı özelliğe sahip veri kümesi kullanılmıştır. Birincisi, 100 web belgesinden oluşan 2 kategoriye sahip bir veri kümesi, ikincisi ise 9 kategoriden oluşan (fizik, biyoloji, genetik vs) bilim haberleriyle ilgili web sayfalarından çıkarılan 450 web belgesini içeren veri kümesidir. Sonuçlara göre, IHSO amaç fonksiyonu ve öznitelik sayısına göre karşılaştırma yapılan diğer öznitelik seçimi metotlarından daha performanslı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Metin sınıflandırma, Öznitelik seçimi, İkili Gri kurt algoritması, İkili Harris Şahin algoritması, Metin madenciliği.

Classification of News Web Pages using Binary Grey Wolf and Binary Harris Hawk Optimizations

Abstract

With the rapid development of the internet, many web services and pages, especially news sources, e-commerce, and social network applications, have been released to use. Using these applications creates an incredible amount of content such as video, audio, and text. The classification of these data with high accuracy provides faster and easier access to the data which the users search for using the web applications. These datasets, consisting of high dimension features, give rise to high computation times for text classification. It is possible to achieve high accuracy with fewer features and less computation time for classification using feature selection methods on these datasets having high dimensions. In the literature, feature selection methods used in text classification can be classified as filtering, wrapping, embedded, and hybrid methods. In this study, Binary Grey Wolf Optimization (BGWO) and Binary Harris Hawk Optimization (BHHO) algorithms are used with ReliefF for feature selection in text classification. To evaluate the results of the proposed algorithms, two datasets having two different characteristics are used. The first dataset has 2 categories and 100 web documents. The second dataset has 9 categories (physics, biology, genetics, etc.) and 450 web documents extracted from science news web pages. The results show that BHHO has better performance than the compared feature selection methods according to fitness and the number of selected features.

Keywords: Text Classification, Feature Selection, Binary Grey Wolf algorithm, Binary Harris Hawk algorithm, Text Mining.

* Sorumlu Yazar: maktas@atu.edu.tr

1. Giriş

İnternetin hayatımıza girmesi ile başta haber kaynakları, e-ticaret ve sosyal ağ uygulamaları olmak üzere çok sayıda web hizmetleri ortaya çıktı. Bu hizmetlerin artması ile farklı yapıda ve yaş guruplarında kullanıcı sayılarında büyük ölçüde artış oldu. Böylece inanılmaz büyüklükte video, ses ve metin gibi içerikler oluştu. Bu oluşan içerikler içerisinde arama yapmak veya oluşan verilerden anlamlı çıkarımlar yapmak aranan bir içeriğe ulaşmada hız ve anlam bakımından kolaylıklar sağlamanın yanında otomatik mesaj sistemleri ile ilgili kişilere istedikleri içerikler anlık olarak ulaşmaktadır. Boyut ve tür açısından farklı özelliklere sahip bu veriler 3 gruba ayrılır: yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış, yapılandırılmamış veriler. Ham veri kümeleri yüksek boyutlara sahiptir. Bu nedenle, yüksek boyutlarda olan verilerin işlenmesi doğru sınıflama, hızlı erişim gibi birçok sorunu beraberinde getirir (Shang vd., 2007). Büyük veri kümelerinin anlam kaybetmeden azaltılma yöntemleri, doğru analitik ve tahmin işlemleri için önemlidir. İndirgeme yöntemlerinden biri olan öznitelik seçimi, büyük hacimli verilerin boyutunu azaltarak yüksek doğruluk ve anlamlı veri elde etmek için gerekli bir işlemdir.

Temel olarak, bir belgenin metin sınıflandırması için bir kaç aşamalı görevler vardır. Ana görevlerden biri, metin belgesini bir terim-frekans vektörüne dönüştürmektir (Labani vd., 2018). Bu dönüşüm, her belgedeki her benzersiz terim, özellik uzayındaki bir boyuta karşılık geldiğinden, özellik uzayının yüksek boyutlu olmasına yol açar. İkinci süreç, terim-frekans vektörünü kullanan sınıflandırma sürecidir. Bununla birlikte, yüksek boyutlu veriler nedeniyle, yüksek hesaplama maliyetleri ve sınıflandırma doğruluğu önemli ölçüde azalır (Deng vd., 2019). Bu nedenle CPU ve bellek maliyetlerini düşürmek için sınıflandırma doğruluğunu artırarak öznitelik sayısını azaltmak gerekir.

Genel olarak, öznitelik seçim yöntemleri şu şekilde sınıflandırılır: filtre, sarıcı, gömülü ve hibrit yaklaşımlar (Wah vd., 2018). Filtre yöntemi her bir öznitelik için bir ağırlık hesaplamasını istatistiksel bir ölçü eşitliği kullanarak yapmaktadır (Das, 2001). Bu öznitelikler, özel sıralama yöntemi kullanılarak ağırlıklarına göre listelenir. Sınıflandırma için belirli bir eşik değerden daha büyük ağırlığa sahip öznitelikler kullanılırken, diğer öznitelikler arama özelliği uzayından kaldırılır. Sarmalayıcı yaklaşımlar (Liu ve Setiono, 1997), bir arama problemi gibi tüm özniteliklerin en alakalı alt öznitelik kümesini araştırır. Bu yaklaşımlar, aday çözümleri değerlendirmek için bir veya daha fazla uygunluk işlevi kullanır. Bu uygunluk işlevi genellikle sınıflandırma doğruluğundan ve/veya seçilen özelliklerin sayısından oluşur. Gömülü yaklaşım (Xing, Jordan ve Karp, 2001), sınıflandırıcının eğitim aşamasında öznitelik seçimini bütünlendirir; bu nedenle, bu yöntemler, sarmalayıcı yöntemi olarak kullanılan öğrenme modeline özgüdür. Hibrit yaklaşımlar, filtre, sarıcı ve gömülü yaklaşımların birleştirilerek kullanılmasıdır.

Son yıllarda, optimizasyon problemlerini çözmek için doğal arama mekanizmaları ve evrimsel ilkeleri taklit ederek önerilen birçok optimizasyon algoritması vardır. Bunlar, amaç sayılarına, arama mekanizmalarına ve bir çözümün veya popülasyonun kullanımı gibi çeşitli bakış açılarına göre sınıflandırılabilir. Bu algoritmalar kabul edilebilir hesaplama süreleri ile optimum çözüme yakın uygun çözümlere ulaşabilmektedir. Evrim temelli genetik algoritmanın ve kaos optimizasyonunun hibrit kullanımı, özellik seçimi için metin sınıflandırmasında etkili olmuştur

(Chen vd., 2013). Diğer bir hibrit model, filtre ve sarma yönteminin kombinasyonu Günel tarafından yapılmıştır (Günel, 2012). Sürü zekâsına dayalı algoritmalar basit ve kolay uygulanması nedeniyle araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmüştür. Lee, Park, Kim ve Kim (2019) 'daki metin sınıflandırma problemi için kuşların yiyecek arama davranışını taklit ederek parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO), Manoj, Praveena ve Vijayakumar (2019) 'da ise karınca kolonilerinin en kısa yolunu feromonlarla bulmasını modelleyen Karınca Koloni optimizasyonu (KKO) algoritması tercih edilmiştir. Kurt sürüsünü modelleyen BGWO algoritması, Arapça metin sınıflandırması için elit tabanlı çaprazlama kullanılır (Chantar vd., 2020), Sınır Ağı (NN) sınıflandırıcısı, metin sınıflandırması için çok amaçlı Gri Kurt (MOGW) algoritması ile birlikte uygulanır (Asgarnezhad vd., 2020), Ateş böceklerinin sosyal davranışlarından esinlenen Ateşböceği algoritması (AA) Arapça metin sınıflandırması için kullanılmıştır (Marie-Sainte ve Alalyani, 2020). Metin sınıflandırmasına ilişkin literatürün kapsamlı bir incelemesi (Aggarwal ve Zhai, 2012; Jindal, Malhotra ve Jain, 2015) 'da bulunabilir. Literatür incelediğinde, farklı metin madenciliği problemleri üzerine çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde sürü tabanlı algoritmalar ön plana çıkmaktadır. Aktaş ve Kılıç (2021)'deki çalışmada 2 sınıftan oluşan haberlerin sınıflandırılması için ikili Gri Kurt Optimizasyonu (IGKO) algoritması ile başarılı sonuçlara ulaşıldığı sunulmuştur. Bu sebeple bu çalışmada, en yeni optimizasyon tekniklerinden olan ikili Gri Kurt Optimizasyonu (IGKO) ve ikili Harris Şahin Optimizasyonu (IHSO) algoritmaları ReliefF algoritması ile birleştirilerek haber sayfalarının metin sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Ayrıca önerilen modellerin performanslarını değerlendirmek için K-Nearest-Neighbor (KNN) sınıflandırıcı kullanılırken, (Aktaş ve Kılıç, 2021)'de oluşturulan 2 sınıflı veri kümesi ile 9 farklı sınıf sayılarına sahip bir veri kümesi bir haber sitesi kullanılarak oluşturulmuştur. Böylelikle algoritmaların performansları farklı sınıf ve sayıdaki veri kümeleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Makalenin geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de, ikili Gri Kurt Optimizasyonu ve ikili Harris Şahin Optimizasyonu açıklanmaktadır. Ayrıca uygunluk fonksiyonu ve web sayfasından alınan metinlerin ön işleme aşamaları, TF-IDF değerlerinin hesaplanması ve ReliefF algoritması Bölüm 2'de verilmiştir. Bölüm 3'te deneysel sonuçlar ve tartışmalar sunulmuştur. Son olarak, Bölüm 4'de makale sonuçları değerlendirilmesine yer verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. İkili Gri Kurt Optimizasyonu

Gri Kurt Optimizasyonu (GKO), Mirjalili ve diğerleri tarafından sunulan kurt sürüsü davranışını taklit eden popülasyon tabanlı bir sürü algoritmasıdır (Mirjalili vd.,2014). Gri kurt sürüsü arasındaki hiyerarşi, bir besin piramidine benzer şekilde katı bir sosyal ilişkiye sahiptir. Kurt sürülerinde alfa (α), beta (β), delta (δ) ve omega (ω) olmak üzere 4 farklı tür vardır. Alpha, kurt sürüsüne avlanma ve keşifte liderlik eder. Beta ve delta sürüleri, av keşfi için alfa'ya karar desteği sağlar. Sürüdeki her kurt, aday çözümü temsil eder ve av, mümkün olan en iyi çözümdür. α , β ve δ en iyi üç değeri temsil eder. Kalan ω çözümleri konumlarını Alfa (α), Beta (β) ve Delta (δ) çözümlerine göre günceller. Her kurt (i), (1-3) denklemlerini

kullanılarak mümkün olan en iyi üç çözüme olan mesafesini hesaplar.

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{B} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_2 \quad (2)$$

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{B} \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}_i|, \vec{D}_\beta = |\vec{B} \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}_i|, \vec{D}_\delta = |\vec{B} \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}_i| \quad (3)$$

$\vec{X}_i, \vec{X}_\alpha, \vec{X}_\beta$, ve \vec{X}_δ : sırasıyla i . çözümün, α, β ve δ pozisyon vektörü.

$\vec{D}_\alpha, \vec{D}_\beta$, ve \vec{D}_δ sırasıyla α, β , ve δ kurtları uzaklık vektörü.

\vec{r}_1 ve \vec{r}_2 [0,1] arasında üretiken rastgele vektör.

\vec{A} ve \vec{B} katsayı vektörü.

vektör \vec{a} , denklem (4) kullanılarak güncellenir.

$$\vec{a} = 2 - 2 * iter / MAX_ITER \quad (4)$$

$iter$, geçerli yineleme sayısını gösterir, MAX_ITER maksimum yineleme sayısını temsil eder.

Standart GKO'da konum, sürekli uzaydaki herhangi bir noktayı temsil eder. Bu nedenle güncelleme prosedürü kolaylıkla uygulanabilir. Ancak İkili GKO (IGKO), çözüm uzayında bir ikili vektör (ikili çözüm) arar. IGKO'nun güncelleme prosedürü, sürekli çözüm alanından ikili çözüm alanına uyarlanmıştır. Kurtların \vec{A} ve \vec{B} konum vektörleri ve $\vec{D}_\alpha, \vec{D}_\beta, \vec{D}_\delta$ vektör değerleri aynı denklemler (1-3) kullanılarak hesaplanır. s_1^d, s_2^d ve s_3^d sürekli değerli adım boyutlarıdır ve sigmoid fonksiyonları denklem (5-7) kullanılarak hesaplanır.

$$s_1^d = 1 / (1 + e^{-10(A^d \cdot D_\alpha^d - 0.5)}) \quad (5)$$

$$s_2^d = 1 / (1 + e^{-10(A^d \cdot D_\beta^d - 0.5)}) \quad (6)$$

$$s_3^d = 1 / (1 + e^{-10(A^d \cdot D_\delta^d - 0.5)}) \quad (7)$$

burada d , bir çözümün d 'inci boyutudur.

Aktarım işlevi, devamlı değerleri ikili değerlere dönüştürmek için kullanılır. $nstep_1^d, nstep_2^d$ ve $nstep_3^d$, d boyutundaki ikili adımlardır ve denklem (8-10) ile hesaplanır.

$$nstep_1^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (s_1^d \geq rand) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (8)$$

$$nstep_2^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (s_2^d \geq rand) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (9)$$

$$nstep_3^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (s_3^d \geq rand) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

$rand$ [0,1] arasında üretilen rastgele bir sayıdır.

X_1^d, X_2^d , ve X_3^d ifadeleri α, β ve δ kurtlarının pozisyon vektörleridir. Değerler denklem (11-13) ile hesaplanır:

$$X_1^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (X_\alpha^d + nstep_1^d) \geq 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$

$$X_2^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (X_\beta^d + nstep_2^d) \geq 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (12)$$

$$X_3^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (X_\delta^d + nstep_3^d) \geq 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$

Sonuç olarak, sonraki iterasyonda kullanılacak olan pozisyon bilgisi çaprazlama metoduna benzer şekilde tüm boyutta denklem (14) ile hesaplanır.

$$\vec{X}_i(nit) = \begin{cases} X_1 & \text{if } rand < 1/3 \\ X_2 & \text{elseif } 1/3 \leq rand \leq 2/3 \\ X_3 & \text{else} \end{cases} \quad (14)$$

İkili Gri Kurt Optimizasyon algoritmasının kaba kodu Algoritma 1 de verilmiştir.

Algoritma 1. İkili Gri Kurt Optimizasyon algoritması

$NWolf$ ve MAX_ITER parametrelerini belirle

Kurtlara rastgele başlangıç pozisyon bilgisi ata

Her kurt için Fitness değerlerini hesapla

$\vec{X}_\alpha, \vec{X}_\beta$ ve \vec{X}_δ vektörlerini bul

for $i=1: MAX_ITER$ **do**

\vec{A}, \vec{B} ve \vec{a} yı denklem (1,2 ve 4) ile kullanarak güncelle

Kurtların pozisyon bilgilerini denklem (5-14) ile güncelle

Her kurt için Fitness değerlerini hesapla

$\vec{X}_\alpha, \vec{X}_\beta$ ve \vec{X}_δ değerlerini güncelle

end for

En iyi çözüm \vec{X}_α döndür

2.2. İkili Harris Şahin Optimizasyonu

Harris şahin optimizasyonu (HSO), Heidari ve arkadaşları tarafından 2019'da önerilen yeni bir meta-sezgisel algoritmadır (Heidari vd., 2019). HSO, doğadaki Harris şahinlerinin avını, sürpriz saldırısını ve farklı saldırı stratejilerini keşfetmek için Harris şahinlerini taklit eder. HSO'da, aday çözümler şahinler tarafından temsil edilirken, en iyi çözüm av olarak bilinir. Harris şahinleri, güçlü gözlerini kullanarak avın izini sürmeye çalışır ve tespit edilen avı yakalamak için sürpriz saldırılar gerçekleştirir.

Genel olarak HSO, sömürü ve keşif aşamalarına göre modellenmiştir. HSO algoritması keşiften sömürüye aktarılabilir ve ardından keşif davranışı, avın kaçan enerjisine bağlı olarak değiştirilir. Bu değerler denklem (15) ve (16) ile hesaplanır.

$$E = 2E_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (15)$$

$$E_0 = 2r - 1 \quad (16)$$

Burada t mevcut yinelemedir, T maksimum yineleme sayısıdır, E_0 ilk enerjidir ve $[-1, 1]$ 'de rastgele oluşturulmuştur. $r \in [0, 1]$ arasında rastgele bir sayıdır. Avın kaçan enerjisi $|E| \geq 1$ olduğunda HSO şahinlerin farklı bölgelerde global olarak arama yapmasına izin verilir. Yırtıcı kaçan enerji $|E| < 1$ iken HHO iyi çözümlerden çevrede yerel arama teşvik etmek eğilimindedir.

Keşif aşamasında, şahinin konumu rastgele konum ve diğer şahinler aracılığıyla denklem (17) kullanılarak güncellenir.

$$X(t+1) \begin{cases} X_k(t) - r_1 |X_k(t) - 2r_2 X(t)| & q \geq 0.5 \\ (X_r(t) - X_m(t)) - r_3 (lb + r_4 (ub - lb)) & q < 0.5 \end{cases} \quad (17)$$

X şahinin pozisyonu, X_k rastgele seçilen şahinin pozisyonudur, X_r avın pozisyonudur (tüm popülasyonda küresel en iyi çözüm), t mevcut yinelemedir, ub ve lb üst ve arama uzayının alt sınırları, r_1, r_2, r_3, r_4 ve $q \in [0, 1]$ 'deki beş bağımsız rasgele sayıdır. X_m , mevcut şahin popülasyonunun ortalama pozisyonudur ve denklem (18) kullanılarak hesaplanabilir.

$$X_m(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N X_n(t) \quad (18)$$

burada X_n , popülasyondaki n . şahin ve N şahinlerin sayısıdır.

Kullanım aşamasında şahinin konumu dört farklı duruma göre güncellenir. Bu davranış, avın kaçan enerjisine (E) ve sürpriz sekmeden önce avın başarılı bir şekilde kaçma ($r < 0.5$) veya başarılı bir şekilde kaçamama ($r \geq 0.5$) şansına göre manipüle edilir.

1.Yumuşak kuşatma, $r \geq 0.5$ ve $|E| \geq 0.5$. Bu durumda şahin, denklem (19) ile konumunu günceller.

$$X(t+1) = \Delta X(t) - E |JX_r(t) - X(t)| \quad (19)$$

burada E , avın kaçan enerjisi, X şahinin pozisyonu, t mevcut yineleme, ΔX , avın pozisyonu ile mevcut şahinin arasındaki fark ve J sıçrama gücüdür. ΔX ve J sırasıyla denklem (20) ve (21) ile hesaplanır.

$$\Delta X(t) = X_r(t) - X(t) \quad (20)$$

$$J = 2(1 - r_5) \quad (21)$$

burada r_5 , $[0, 1]$ 'de her yinelemede rastgele değişen rastgele bir sayıdır.

2.Sert kuşatmada HHO, $r \geq 0.5$ ve $|E| < 0.5$. Bu durumda şahin pozisyonu aşağıdaki şekilde güncellenir.

$$X(t+1) = X_r(t) - E |\Delta X(t)| \quad (22)$$

burada X şahinin pozisyonu, X_r avın pozisyonudur, E avın kaçan enerjisidir ve ΔX , avın konumu ile mevcut şahinin arasındaki farktır.

3.Aşamalı hızlı dalışlarla yumuşak kuşatma $r < 0.5$ ve $|E| \geq 0.5$. Şahin, avı rekabetçi bir şekilde yakalamak için kademeli olarak mümkün olan en iyi dalışı seçer. Bu durumda, şahinin yeni pozisyonu denklem (23) ve (24) ile hesaplanır.

$$Y = X_r(t) - E |JX_r(t) - X(t)| \quad (23)$$

$$Z = Y + \alpha * Levy(D) \quad (24)$$

burada Y ve Z yeni oluşturulan iki şahin, E kaçan enerjidir, J sıçrama gücüdür, X şahinin pozisyonudur, t mevcut yinelemedir, X_r avın pozisyonudur, D toplam sayıdır. α , D boyutuna sahip

rastgele bir vektördür ve denklem (25)' de sunulan *Levy* fonksiyonu ile hesaplanır.

$$Levy(x) = 0.01x \frac{\mu x \sigma}{|v|^{1/\beta}} \quad (25)$$

burada μ, v normal dağılımdan üretilen iki bağımsız rastgele sayıdır ve σ şu şekilde tanımlanır:

$$\sigma = \left(\frac{\tau(1+\beta)x \sin(\frac{\pi\beta}{2})}{\tau(\frac{1+\beta}{2})x\beta x 2^{\frac{\beta-1}{2}}} \right)^{1/\beta} \quad (26)$$

burada β 1,5'e ayarlanmış varsayılan bir sabittir. Bu aşamada şahin pozisyonu denklem (27) 'te olduğu gibi güncellenir.

$$X(t+1) = \begin{cases} Y & \text{if } F(Y) < F(X(t)) \\ X & \text{if } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (27)$$

$F(\cdot)$ uygunluk fonksiyonudur, Y ve Z denklemler (23) ve (24) 'den elde edilen iki yeni çözümdür.

4. Aşamalı hızlı dalışlarla sert kuşatma ise, $r < 0.5$ ve $|E| < 0.5$. Bu durumda, aşağıdaki gibi iki yeni çözüm üretilir.

$$Y = X_r(t) - E |JX_r(t) - X_m(t)| \quad (28)$$

$$Z = Y + \alpha * Levy(D) \quad (29)$$

burada E kaçan enerji, J sıçrama gücü, X_m şahinlerin mevcut popülasyondaki ortalama konumu, t mevcut yineleme, X_r avın konumu, D toplam boyut sayısı, α , D boyutuna sahip rastgele vektör ve *Levy*, uçuş işlevidir. Daha sonra şahinin konumu denklem (30) ile güncellenir:

$$X(t+1) = \begin{cases} Y & \text{if } F(Y) < F(X(t)) \\ X & \text{if } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (30)$$

Transfer fonksiyonunu ikili HSO (IHSO) entegre ederek, algoritma aramayı ikili arama alanında gerçekleştirebilir (Too vd., 2019). IHSO 'da şahinin konumu iki aşamada güncellenir. İlk aşamada, IHSO şahinin konumunu günceller $X_i^d(t)$ IHSO'ya benzer yeni bir konum $\Delta X_i^d(t)$. Yeni konumun $\Delta X_i^d(t)$ sürekli biçimde sunulduğuna dikkat edilir. İçinde ikinci aşamada, yeni konumu olasılık değerine dönüştürmek için S-şekilli transfer fonksiyonu kullanılır. Şahinin yeni konumu daha sonra denklem (31) kullanılarak güncellenir. Bu şekilde şahin pozisyonu ikili formda ifade edilebilir. IHSO algoritması S-şekilli transfer fonksiyonu ile şahinlerin yeni pozisyonlarını aşağıda verilen denklem ile günceller:

$$X_i^d(t+1) = \begin{cases} 1 & \text{if } rand(0,1) < T(\Delta X_i^d(t+1)) \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (31)$$

burada $T(x)$ S-şekilli transfer fonksiyonu, $rand$ $[0,1]$ 'de rastgele bir sayıdır, X şahinin pozisyonudur, i popülasyondaki şahinin sırasıdır, d boyut ve t mevcut yinelemedir. İkili Harris Şahin Optimizasyon (IHSO) algoritmasının kaba kodu Algoritma 2 de verilmiştir.

Algoritma 2. İkili Harris Şahin Optimizasyon algoritması

Inputs: N ve T değerlerini belirle
N şahin için X_i değerlerini oluştur.
for (t = 1 to T)
Şahinlerin fitness değerlerini hesapla
En iyi çözümü X_r olarak tanımla
for (i = 1 to N)
 E_0 ve J değerlerini Denklem (16) ve (21) ile hesapla
 E değerini Denklem (15) ile güncelle
// Keşif aşaması //
if ($|E| \geq 1$)
Şahinlerin pozisyonlarını Denklem (17) ile güncelle
Transfer fonksiyonu ile olasılıkları hesapla
Şahinlerin yeni pozisyonlarını Denklem (31) ile güncelle
// Sömürü aşaması //
elseif ($|E| < 1$)
// Yumuşak kuşatma //
if ($r \geq 0.5$) and ($|E| \geq 0.5$)
Şahin pozisyonlarını Denklem (19) ile güncelle
Transfer fonksiyonu ile olasılıkları hesapla
Şahinlerin yeni pozisyonlarını Denklem (31) ile güncelle
// Sert kuşatma //
elseif ($r \geq 0.5$) and ($|E| < 0.5$)
Şahin pozisyonlarını Denklem (22) ile güncelle
Transfer fonksiyonu ile olasılıkları hesapla
Şahinlerin yeni pozisyonlarını Denklem (31) ile güncelle
// Aşamalı hızlı dalışlarla yumuşak kuşatma //
elseif ($r < 0.5$) and ($|E| \geq 0.5$)
Şahin pozisyonlarını Denklem (27) ile güncelle
Transfer fonksiyonu ile olasılıkları hesapla
Şahinlerin yeni pozisyonlarını Denklem (31) ile güncelle
// Aşamalı hızlı dalışlarla sert kuşatma //
elseif ($r < 0.5$) and ($|E| < 0.5$)
Şahin pozisyonlarını Denklem (30) ile güncelle
Transfer fonksiyonu ile olasılıkları hesapla
Şahinlerin yeni pozisyonlarını Denklem (31) ile güncelle
end if
end if
next i
 X_r Değerini daha iyi değer varsa güncelle
next t
Output: Küresel en iyi çözüm

2.3. Fitness Fonksiyon Tasarımı

Sınıflandırma tahmini yapılırken, sınıflandırma hatası genellikle uygunluk değeri olarak kabul edilir. FS için sadece sınıflandırma hatasını kullanılması her zaman kaliteli bir çözüm olmayabilir. Sınıflandırma hatasına ek olarak, uygunluk fonksiyonunda seçilen alt özelliklerin toplam özellik sayısına oranı da kullanılır. Böylece sınıflandırma hatası olan iki çözümün daha az özelliğine sahip olan çözüm seçilir. Bu çalışmada, denklem (32) uygunluk işlevi olarak kullanılır.

$$fitness = \lambda * Hata + (1 - \lambda) * |Sel_F|/|All_F| \quad (32)$$

Hata oranı, 10-Fold çapraz doğrulamanın ortalama sınıflandırma hatasıdır, $|Sel_F|$ seçili özelliklerin sayısıdır ve $|All_F|$ veri

kümesindeki toplam özelliklerdir. λ katsayıları 0,90'dır. Bu çalışmada, sınıflandırma hatasını hesaplamak için KNN sınıflayıcı kullanılmıştır.

2.4. Metin Sınıflama için Veri Kümesi Oluşturma**2.4.1. Veri Küme Oluşturma Ön-işleme Süreci**

Web sitelerinden toplanan veri kümesinde gürültülü veriler ve HTML / CSS etiketleri bulunur. Bu ham verilerin kullanılması için uygun bir biçimde düzenlenmesi gerekmektedir. Web sayfasından çekilen haber içeriklerine aşağıdaki adımlara göre ön işlem uygulanır:

- Noktalama işaretleri, kısa çizgiler, sayılar ve rakamlar kaldırılır.
- 2 veya daha az karakter içeren kelimelerle, 15 veya daha fazla karakter içeren kelimeler kaldırılır.
- Zamirler ve edatlar (a, an, the ...) gibi sözcükler temizlenir.
- Kelimenin köklerini oluşturma süreci (-ed, -ing...) yapılır.

Genel olarak bilinen metin sınıflandırması alanında ağırlıklandırma terimlerinde terim-frekansı ve ters belge sıklığı (TF.IDF) formülü kullanılır. Bu terim ağırlıklandırmayı hesaplamak için kullanılan etkili ve basit bir istatistiksel yaklaşımdır. TF, bir belgede görünen özellik kelimelerinin ağırlığını t_i belirli bir d_j metninde özelliğin bulunma sayısını temsil eder. Bir özelliğin (t_i) belge sıklığı (DF), t_i 'nin en az bir kez görüldüğü belgedeki metin sayısıdır. Belirtilen özelliğin veya t_i teriminin ters belge frekansı (IDF), denklem (33) ile hesaplanır.

$$IDF(t_i) = \log \frac{D}{DF(t_i)} \quad (33)$$

burada d_j , veri kümesindeki metinlerin sayısını ifade eder. TF.IDF kullanılarak, belirli bir d_j metnindeki t_i teriminin ağırlığı denklem (34) ile hesaplanır.

$$TF.IDF(t_i, d_j) = TF(t_i, d_j) \times IDF(t_i) \quad (34)$$

2.4.2. Veri Kümesi Bilgileri

AstArc veri kümesi (Aktaş ve Kılıç, 2021)'deki çalışma performansını ölçmek için oluşturulmuştur. SScience veri kümesi önerilen algoritmaların 2'den daha fazla sınıfa sahip bir veri kümesinde performans analizi yapmak için oluşturulmuştur. Her iki veri kümesi de SCI-NEWS web sitesindeki (SCI News, 2021) haberler kullanılarak oluşturulmuştur. AstArc veri kümesi Astronomi ve Arkeoloji haberlerinden oluşturulurken, SScience veri kümesi 9 farklı (Fizik, Biyoloji, Astronomi ..vs) sınıftaki haberlerden oluşmaktadır. Her iki veri kümesi ReliefF algoritması kullanılarak 500 öznitelik sayısına indirgenerek sırası ile AstArc-ReliefF ve SScience-ReliefF olarak adlandırılmıştır. Relief, Kira ve Rendell tarafından 1992 yılında geliştirilen ve özellik etkileşimlerine duyarlı olan özellik seçimine filtre yöntemi yaklaşımını benimseyen bir algoritmadır (Kira vd., 1992; Kira vd., 1992). Relief, her özellik için bir özellik puanı hesaplar ve

bu puan, özellik seçimi için en yüksek puanı alan özellikleri sıralamak ve seçmek için uygulanabilir. Kononenko ve ark. Relief için öklit uzaklığı yerine Manhattan uzaklığını kullanıp güncellemeler yaparak ReliefF'i önermişlerdir (Kononenko vd.,1997). Veri kümesi detayları Tablo 1'de gösterilmektedir

Tablo 1. Veri Kümesi Bilgileri

Veriseti	Kayıt Sayısı	Öznitelik Sayısı	Sınıf Sayısı	Öznitelik Tipi	Kayıp Değer
AstArc	100	6224	2	Tamsayı, Gerçek	Yok
AstArc-ReliefF	100	500	2	Tamsayı, Gerçek	Yok
SScience	450	15969	9	Tamsayı, Gerçek	Yok
SScience-ReliefF	450	500	9	Tamsayı, Gerçek	Yok

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu bölümde IGKO ve IHSO algoritmalarının performansı bölüm 2.4'de tanımlanan veri kümeleri üzerinde KNN sınıflandırıcısı ile analiz edilmektedir. Deneysel sonuçların analizi K-fold cross validation kullanılarak fitness, accuracy, f-score değerleri baz alınarak yapılmıştır. IHSO ve IGKO veri kümeleri üzerindeki istatistiksel sonuçlarını analiz etmesi için bağımsız olarak 10 kez çalıştırılır. Çalışmada kullanılan algoritma ve problem parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Algoritma ve problem Parametreleri

Parametre	Değeri
KNN sınıflayıcı için k	5
Fitness fonksiyonu için λ	0.90
Kurt ve Şahin popülasyonu sayısı	10
IGKO ve IHSO için maksimum iterasyon sayısı	100
K-Fold Cross validation için k değeri	10

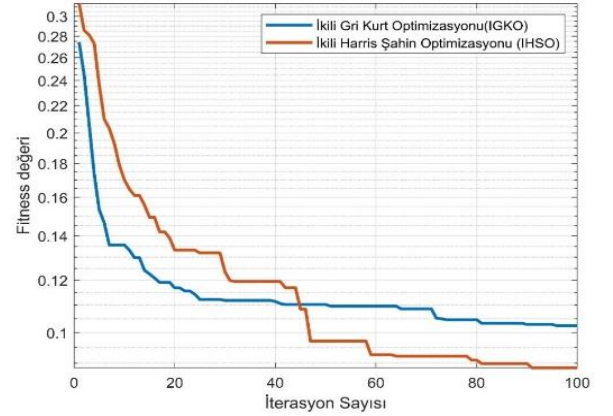
Tablo 3, veri kümesinde 10 bağımsız çalışma için KNN sınıflandırıcısının performansını ve tüm özellikleri (FS yöntemleri olmadan) göstermektedir.

Tablo 3. Özellik seçim metodu kullanılmadan KNN ile veriseti performans metrik değerleri

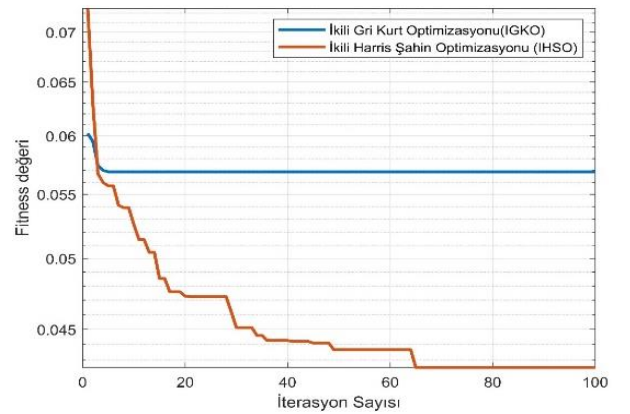
Veri Seti	Metrik	Accuracy	F-score	Özellik sayısı
AstArc	Ortalama	0.5100	0.3515	6224
	Standart Sapma	0.0094	0.0164	
AstArc-ReliefF	Ortalama	0.9640	0.9623	500
	Standart Sapma	0.0143	0.0160	
SScience	Ortalama	0.8309	0.1979	15969
	Standart Sapma	0.0019	0.0092	
SScience-ReliefF	Ortalama	0.9329	0.6949	500
	Standart Sapma	0.0027	0.0096	

Tablo 4'de IHSO ve IGKO algoritmalarının veri kümeleri üzerinde ortalama en iyi uygunluk değeri, accuracy, f-score ve seçilen öznitelik sayısını göstermektedir. Tablo 4 incelendiğinde uygunluk değeri bakımından IHSO algoritmasının en iyi değerlere ulaştığı görülmektedir. Bir diğer taraftan, IGKO algoritması bütün veri kümeleri için en iyi accuracy değerine ulaşmıştır IHSO algoritmasının accuracy değerleri IGKO'nun accuracy değerine oldukça yakınken öznitelik sayısı oldukça düşüktür

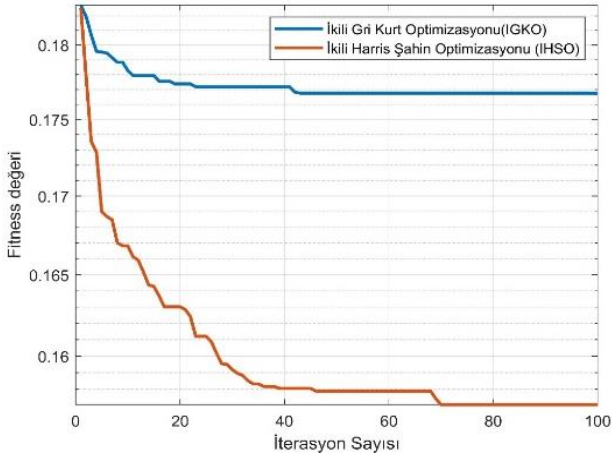
Şekil 1, 2, 3 ve 4'de sırasıyla AstArc, AstArc-ReliefF, SScience ve SScience-ReliefF veri kümelerinin IHSO ve IGKO algoritmalarının uygunluk yakınsama grafiği verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, IHSO algoritması daha hızlı yakınsama ve düşük ortalama uygunluk değerlerine sahip olmuştur.



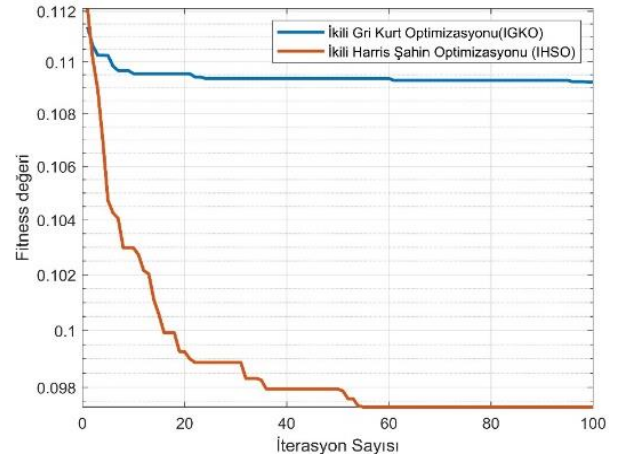
Şekil 1. AstArc veri kümesi için IHSO ve IGKO uygunluk değerleri



Şekil 2. AstArc-ReliefF veri kümesi için IHSO ve IGKO uygunluk değerleri



Şekil 3. SScience veri kümesi için IHSO ve IGKO uygunluk değerleri



Şekil 4. SScience-Relief veri kümesi için IHSO ve IGKO uygunluk değerleri

Tablo 4. IHSO ve IGKO ile Özellik seçimi performans metrik değerleri

Algoritma	Veri Seti	Metrik	Uygunluk Değeri	Accuracy	F-score	Özellik Sayısı
IGKO	AstArc (Aktaş ve Kılıç, 2021)	Ortalama.	0.1024	0.9700	0.9679	4696.70
		Standart Sapma	0.0343	0.0343	0.0394	471.75
	AstArc-ReliefF	Ortalama	0.0568	1	1	284.4
		Standart Sapma	0.0041	0.00	0.00	20.54
	SScience	Ortalama	0.1767	0.8760	0.3930	10417.20
		Standart Sapma	0.0023	0.0074	0.0431	950.18
SScience-ReliefF	Ortalama	0.1092	0.9464	0.7544	305.2	
	Standart Sapma	0.0038	0.0034	0.0154	15.26	
IHSO	AstArc	Ortalama	0.0885	0.9580	0.9570	3157.1
		Standart Sapma	0.0280	0.0252	0.0260	662.94
	AstArc-ReliefF	Ortalama	0.0425	0.9950	0.9949	190.1
		Standart Sapma	0.0050	0.0070	0.0070	29.86
	SScience	Ortalama	0.1570	0.8636	0.3510	5489.2
		Standart Sapma	0.0058	0.0039	0.0241	699.52
SScience-ReliefF	Ortalama	0.0973	0.9288	0.6760	166.4	
	Standart Sapma	0.0026	0.0054	0.0281	23.75	

4. Sonuç

Bu çalışmada İkili Harris Şahin Optimizasyon (IHSO) ve İkili Gri Kurt Optimizasyonu (IGKO) algoritmaları kullanılarak web sayfasından elde edilen veri kümelerinin sınıflandırma doğruluğu öznelik seçme problemi için değerlendirilmiştir. IHSO ve IGKO algoritmaları ile tüm öznelikler arasında daha alakalı özellikler aramak için KNN sınıflandırıcı kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, IHSO ve IGKO algoritmalarının performansını doğrulamak için çeşitli bilim dallarından haberlerle ilgili web sayfalarından çıkarılan web belgeleri içeren

9 sınıflı yeni kıyaslama veri kümesi tanıtıldı. Veri kümesi hazırlama aşamalarında gereksiz özelliklerin sayısını azaltmak için kötü karakterler, rakamlar, durdurma kelimeleri, karakter sayısı 3'ten az ve 14'ten fazla olan kelimeler kaldırıldı. Bu işlem ile hesaplama süresi azaltılıp sınıflandırma performansı artırıldı. Veri kümesinde deneysel sonuçlara göre, IHSO algoritması IGKO algoritmasına göre daha iyi uygunluk değerine sahip olup daha az öznelik seçerek hızlı yakınsama performansı göstermiştir. İleride yapılacak çalışmalarda, farklı sınıflandırıcı ve derin öğrenme yöntemleri araştırılacak olup meta-öğrenme yöntemleri ile çalışma genişletilecektir.

Kaynakça

- Aggarwal, C. C. ve Zhai, C. (2012). A survey of text classification algorithms. In *Mining text data* (pp. 163-222). Springer, Boston, MA.
- Aktaş, M. ve Kılıç, F. (2021) Binary Grey Wolf Optimizer using Archeology and Astronomy News for Text Classification, II. International Conference on Innovative Engineering Applications (CIEA' 2021).
- Asgarnezhad, R., Monadjemi, S. A. ve Soltanaghaei, M. (2020) An application of MOGW optimization for feature selection in text classification. *The Journal of Supercomputing*, 1-34.
- Chantar, H., Mafarja, M., Alsawalqah, H., Heidari, A. A., Aljarah, I. ve Faris, H. (2020) Feature selection using binary grey wolf optimizer with elite-based crossover for Arabic text classification. *Neural Computing and Applications*, 32(16), 12201-12220.
- Chen, H., Jiang, W., Li, C. ve Li, R. (2013) A heuristic feature selection approach for text categorization by using chaos optimization and genetic algorithm. *Mathematical problems in Engineering*.
- Das, S. (2001) Filters, wrappers and a boosting-based hybrid for feature selection. In *Icml*, 1, 74-81.
- Deng, X., Li, Y., Weng, J. ve Zhang, J. (2019) Feature selection for text classification: A review. *Multimedia Tools and Applications*, 78(3), 3797-3816.
- Günel, S. (2012) Hybrid feature selection for text classification. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(Sup. 2); 1296-1311.
- Heidari, A. A., Mirjalili, S., Faris, H., Aljarah, I., Mafarja, M. ve Chen, H. (2019). Harris hawks optimization: Algorithm and applications. *Future generation computer systems*, 97, 849-872.
- Jindal, R., Malhotra, R. ve Jain, A. (2015) Techniques for text classification: Literature review and current trends. *Webology*, 12(2).
- Kononenko, I., Šimec, E. ve Robnik-Šikonja, M. (1997). Overcoming the myopia of inductive learning algorithms with RELIEFF. *Applied Intelligence*, 7(1), 39-55.
- Kira, K. ve Rendell, L. A. (1992). The feature selection problem: Traditional methods and a new algorithm. In *Aaai* (Vol. 2, pp. 129-134).
- Kira, K. ve Rendell, L. A. (1992). A practical approach to feature selection. In *Machine learning proceedings 1992* (pp. 249-256). Morgan Kaufmann.
- Labani, M., Moradi, P., Ahmadizar, F. ve Jalili, M. (2018). A novel multivariate filter method for feature selection in text classification problems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 70, 25-37.
- Lee, J., Park, J., Kim, H. C. ve Kim, D. W. (2019). Competitive particle swarm optimization for multi-category text feature selection. *Entropy*, 21(6), 602.
- Liu, H. ve Setiono, R. (1997). Feature selection and classification-a probabilistic wrapper approach. In *Proceedings of 9th International Conference on Industrial and Engineering Applications of AI and ES*, January, p.419-424.
- Manoj, R. J., Praveena, M. A. ve Vijayakumar, K. (2019) An ACO-ANN based feature selection algorithm for big data. *Cluster Computing*, 22(2), 3953-3960.
- Marie-Sainte, S. L. ve Alalyani, N. (2020). Firefly algorithm based feature selection for Arabic text classification. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 32(3), 320-328.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M. ve Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in engineering software*, 69, 46-61.
- Shang, W., Huang, H., Zhu, H., Lin, Y., Qu, Y. ve Wang, Z. (2007). A novel feature selection algorithm for text categorization. *Expert Systems with Applications*, 33(1), 1-5.
- The SCI-NEWS website. (2021). (online), Available: <http://www.sci-news.com/>
- Too, J., Abdullah, A. R. ve Mohd Saad, N. (2019). A new quadratic binary harris hawk optimization for feature selection. *Electronics*, 8(10), 1130.
- Wah, Y. B., Ibrahim, N., Hamid, H. A., Abdul-Rahman, S. ve Fong, S. (2018). Feature Selection Methods: Case of Filter and Wrapper Approaches for Maximising Classification Accuracy. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 26(1), 329-340.
- Xing, E. P., Jordan, M. I. ve Karp, R. M. (2001). Feature selection for high-dimensional genomic microarray data. In *Icml*, 1, 601- 608.



Hibrit Yapılı Rotor Sargısının Asenkron Motor Verimliliği ve Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Cemil Ocak^{1*}, Burak Yenipınar²

^{1*} Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6542-6350), cemilocak@gazi.edu.tr

² OSTİM Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5997-944X), burak.yenipinar@ostimteknik.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.949133)

ATIF/REFERENCE: Ocak, C. & Yenipınar, B. (2021). Hibrit Yapılı Rotor Sargısının Asenkron Motor Verimliliği ve Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 242-246.

Öz

Alüminyum kısa devre kafesli rotora sahip asenkron motorlar, basit yapıları ve düşük maliyetleri (bakır enjeksiyona karşılık alüminyum enjeksiyon prosesi) sebebiyle endüstride yaygın olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte artan verimlilik ihtiyacını karşılamak için alınacak diğer tedbirlerle birlikte rotor sargı kayıplarının azaltılması üzerinde önemle durulması gerek bir konudur. Fakat rotor sargısının iletkenliği ve geometrisi motorun şebekeden kalkış performansını önemli ölçüde değiştirmekte, anma verimliliği arttırmak adına sadece rotor sargı direncinin azaltılması çoğu zaman kabul edilemeyecek derecede yüksek kalkış akımlarına sebep olmaktadır. İfade edilen gerekçeler doğrultusunda bu çalışmada alüminyum ve bakır iletkenleri içeren hibrit yapılı yeni bir rotor sargısının motor verimliliğine ve performansına etkileri incelenmiştir. Hibrit yapılı rotor sargısı toplam rotor oluk kesit alanının %75'i alüminyum, %25'i ise bakır iletkenle meydana gelecek biçimde tasarlanmıştır. Çalışmadaki hibrit yapılı rotor sargısında, bakır enjeksiyonun yüksek maliyeti sebebi ile, rotor oluklarına konumlandırılan bakır baralar üzerine alüminyum enjeksiyon gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Çalışmada incelenen hibrit yapılı rotor sargısına sahip asenkron motor aynı zamanda tamamen alüminyum ve bakır rotor sargısına sahip tasarımlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada üç farklı rotor yapısının motor verimi, güç faktörü, anma hızlarına ulaşma profilleri ve kalkış momentleri sonlu eleman analizleri (SEA) yardımıyla karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre alüminyum, bakır ve hibrit yapılı rotor iletkenlerine sahip motorların verimlilikleri sırasıyla %93,6, %94,6 ve %94,2 olarak elde edilmiştir. Anma geriliminde kalkış momentleri ise sırasıyla 179,03Nm, 154,94Nm ve 186,75Nm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asenkron Motor, Enerji Verimliliği, Alüminyum Kafes, Bakır Kafes, Hibrit Rotor Sargısı.

Investigation of the Effects of Hybrid-Structured Rotor Windings on Efficiency and Performance of Induction Motor

Abstract

Induction motors with aluminum squirrel cage rotors are widely preferred in the industry due to their simple structure and low cost (copper injection versus aluminum injection process). However, it is an issue that should be emphasized on reducing the rotor winding losses together with other measures to be taken to meet the increasing efficiency need. However, the conductivity and geometry of the rotor winding significantly changes starting performance of the motor fed from the mains, and the reduction of the rotor winding resistance in order to increase the rated efficiency often causes unacceptably high starting currents. In line with the stated reasons, in this study, the effects of a new hybrid rotor winding containing aluminum and copper conductors on motor efficiency and performance have been investigated. Hybrid structured rotor winding is designed to consist of 75% aluminum and 25% copper conductor of the total rotor slot cross section area. In the hybrid rotor winding in the study, due to the high cost of copper injection, aluminum injection was performed on the copper bar that positioned in the rotor slots. Induction motor with hybrid structure rotor winding examined in the study was also compared with designs with completely aluminum and copper rotor windings. In the study, motor efficiency, power factor, profiles of reaching rated speeds and starting torques of three different rotor structures are presented comparatively with the help of finite element analysis (SEA). According to the analysis results, the efficiency of motors with aluminum, copper and hybrid rotor conductors was 93.6%, 94.6% and 94.2%, respectively. The starting torques at rated voltage were obtained as 179.03Nm, 154.94Nm and 186.75Nm, respectively.

Keywords: Induction Motor, Energy Efficiency, Aluminum Cage, Copper Cage, Hybrid Rotor Winding.

* Sorumlu Yazar: Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6542-6350, cemilocak@gazi.edu.tr

1. Giriş

Elektrik motorlarının elektrik tükemimindeki payı dikkate alındığında, toplam tüketim içerisinde enerji verimliliği arttırmanın başlıca yollarından biri de elektrik motorlarının verimliliğini arttırmaktır [1,2]. Avrupa Birliği Enerji Komisyonu tarafından yayınlanan regülasyonlara göre elektrik motorlarının verimlilik seviyeleri gün geçtikçe arttırılmaktadır. Daha önce yayınlanan 640/2009 nolu regülasyon [3] tariflerine uyan asenkron motorlarda minimum verimlilik seviyesi IE3 olarak belirtilmiş ve IE2 verimliliğe sahip asenkron motorların sadece değişken hızlı motor sürücüleri ile kullanılabilmesi ifade edilmiştir. 1 Temmuz 2021 tarihi itibarıyla mevcut regülasyon yerine 2019/1781 nolu regülasyon [4] yürürlüğe girecektir. Bu tarihten itibaren Avrupa Birliği ülkeleri içerisinde regülasyon kapsamına giren motorlar genişletilmekte ve IE2 verimlilik sınıfına ve regülasyon tanımına giren asenkron elektrik motoru üretimi ve satışı tamamen yasaklanmış olacaktır. Aynı regülasyona göre Temmuz 2023 itibarıyla kapsam daha da genişletilerek 75kW ve 200kW aralığındaki tarife uyan asenkron motorların minimum IE4 verimlilik sınıfına sahip olması gerekecektir. Türkiye'nin de ilgili regülasyonları benzer takvimlerde uygulamaya başlayacağı değerlendirilmektedir. Regülasyonlarla birlikte artan verimlilik sınıfına uyum için asenkron motor üreticileri mevcut tasarımlarını revize ederek veya yeni tasarımlar gerçekleştirerek kayıpları azaltmaya dolayısı ile verimlilik sınıflarını yükseltmeye çalışmaktadırlar.

Asenkron motorlara alternatif olarak yüksek verimleri sebebiyle Sürekli Miknatıslı Senkron Motor (SMSM) ve Senkron Relüktans Motorların (SRM) popüleritesi son yıllarda artmaktadır [5-7]. Fakat her iki motor türünün de sadece motor sürücü ile birlikte çalışabilmesi, maliyet açısından en büyük problemdir. Bu sebeple sabit hız ve doğrudan şebekeden çalışan motor uygulamalarında kullanımları sınırlıdır. Asenkron motorları uluslararası standartlara ve Avrupa Birliği Direktiflerinin gerektirdiği verimlilik seviyesine çıkartmak için literatürde önemli çalışmalara [1, 2, 8-12] yer verilmiştir. Çalışmalar temel olarak motorun paket boyunu uzatarak kayıpların azaltılmasına yoğunlaşmış olsa da, bu durum genellikle IE2 verim seviyesinden IE3 verim seviyesine ulaşmak için tercih edilir. Artan verimlilik sınıfı için ihtiyaç duyulan tasarım değişiklikleri önemli ölçüde maliyet yükünü de beraberinde getirdiğinden alternatif tasarım çalışmalarına duyulan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla, optimum sarım konfigürasyonu [10], motorun aktif hacminin arttırılması [1], daha düşük kayıplı fan kullanılması [12], düşük kayıplı nüve malzemesi kullanılması [13], geometrik optimizasyon [14,15] ve rotor iletken malzemesi olarak alüminyum yerine bakır kullanımı [9, 11] olarak öne çıkmaktadır. Bakır rotorlu asenkron motorların sunduğu azaltılmış rotor sargı kayıpları sayesinde, alüminyum rotorlu asenkron motorlara göre verimlerinin genellikle %1-%2 daha yüksek olduğu bilinmektedir [11]. Alüminyum kısa devre kafesli rotora sahip asenkron motorlar, basit yapıları ve düşük maliyetleri (bakır enjeksiyona karşılık alüminyum enjeksiyon prosesi) sebebiyle endüstride yaygın olarak tercih edilmektedir [2]. Bununla birlikte artan verimlilik ihtiyacını karşılamak için alınacak diğer tedbirlerle birlikte rotor sargı kayıplarının azaltılması üzerinde önemle durulması gerek bir konudur. Fakat rotor sargısının iletkenliği ve geometrisi motorun şebekeden kalkış performansını önemli ölçüde değiştirmekte, anma verimliliği arttırmak adına sadece rotor sargı direncinin

azaltılması çoğu zaman kabul edilemeyecek derecede yüksek kalkış akımlarına sebep olmaktadır.

İfade edilen gerekçeler doğrultusunda bu çalışmada alüminyum ve bakır iletkenleri içeren hibrit yapılı yeni bir rotor sargısının motor verimliliğine ve performansına etkileri incelenmiştir. Hibrit yapılı rotor sargısı toplam kesit alanının %75'i alüminyum, %25'i ise bakır iletken meydana gelmektedir. Çalışmadaki hibrit yapılı rotor sargısında, bakır enjeksiyonun yüksek maliyeti sebebi ile, rotor oluklarına konumlandırılan bakır baralar üzerine alüminyum enjeksiyon gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Çalışmada incelenen hibrit yapılı rotor sargısına sahip asenkron motor aynı zamanda tamamen alüminyum ve bakır rotor sargısına sahip tasarımlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada üç farklı rotor yapısının motor verimi, güç faktörü, anma hızlarına ulaşma profilleri ve kalkış momentleri sonlu eleman analizleri (SEA) yardımıyla karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Referans Asenkron Motor Modeli ve Özellikleri

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan tipik bir asenkron motorun kayıpları [1] aşağıdaki Tablo 1' de verildiği gibi ayrıştırılabilir.

Tablo 1. Tipik Bir Asenkron Motorun Kayıpları

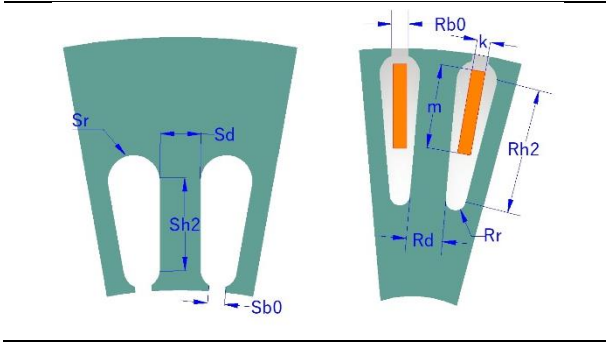
Kayıp Türü	Toplam Kayıp İçindeki Oranı	Kayıp Türü	Toplam Kayıp İçindeki Oranı
Stator Sargı Kayıpları	%25-%45	Rüzgâr ve Sürtünme Kayıpları	%5-%15
Rotor Sargı Kayıpları	%15-%25	Ek Kayıplar	%5-%20
Nüve Kayıpları	%20-%35		

Tablo 1'de verildiği üzere endüstriyel uygulamalarda kullanılan tipik bir asenkron motorun rotor kayıplarının toplam motor kayıplarının %15-%25'ini oluşturduğu görülmektedir. Alınacak diğer tedbirlere ek olarak rotor sargı kayıplarını azaltarak motor verimi yükseltmek için üç farklı rotor yapısı üzerinde sonlu eleman analiz çalışması gerçekleştirilmiş ve karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bunlar sırasıyla, alüminyum rotor, bakır rotor ve bakır-alüminyum hibrit rotor yapısıdır. Asenkron motorların rotorunda alüminyum kullanılması bakır rotor kullanılmasına göre daha erişilebilir bir proses olmakla birlikte daha ekonomik bir çözümdür. Bakır enjeksiyon yönteminin zor olması [16] sebebiyle içerisinde bakır bara barandıran ve alüminyum enjeksiyon uygulanan alüminyum-bakır hibrit rotor sargı yapısının motor performansı üzerine etkisi incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Tasarımda kullanılan asenkron motor 160 gövde büyüklüğünde olup, 15kW gücünde 4 kutuplu standart bir asenkron motordur. Tasarlanan referans asenkron motorun temel özellikleri ve sarım bilgileri Tablo 2'de verilmektedir.

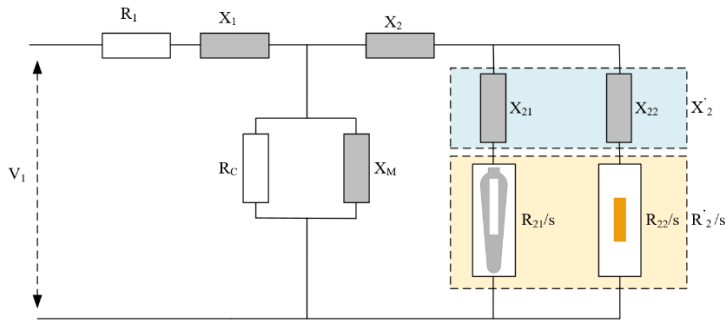
Tablo 2. Asenkron motorun özellikleri

Temel Motor Özellikleri		Stator ve Rotor Oluk Ölçüleri	
Stator Dış Çap (mm)	240	Sb0 (mm)	2.1
Stator İç Çap (mm)	140	Sd (mm)	5
Rotor Dış Çap (mm)	139	Sr (mm)	3.9
Rotor İç Çap (mm)	50	Sh2 (mm)	23
Nüve Uzunluğu (mm)	200	Rb0 (mm)	2.5
Stator Oluk Sayısı	48	Rd (mm)	5.5
Rotor Oluk Sayısı	36	Rh2 (mm)	18
Anma Gerilimi (V)	400	Rr (mm)	1.5
Anma Frekansı (Hz)	50	k (mm)	2
Anma Gücü (kW)	15	m (mm)	12.5
Kutup Sayısı	4	Kayk (°)	10
Stator Sarım Bilgisi			
Sargı Tipi	Tam Kalıp		
Sipir Sayısı	42		
Paralel Kol Sayısı	2		
Bağlantı Tipi	Üçgen		
Adım Sayısı	10		

Stator ve Rotor Geometrisi



Asenkron motorun analizleri gerçekleştirilirken, rotor parametrelerinin statora aktarıldığı tek faz eşdeğer devresi kullanılır. Hibrit yapıdaki asenkron motorun tek faz eşdeğer devresi Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Hibrit yapıdaki asenkron motorun tek faz eşdeğer devresi

Şekil 1’de verilen tek faz eşdeğer devrede, V_1 faz gerilimini, s kaymayı, R_1 ve X_1 stator direnci ve kaçak reaktansını, R_c nüve kayıplarını, X_m mıknatıslanma reaktansını, R_{21} ve X_{21} alüminyum bara ait direnç ve kaçak reaktansın stator aktarılmış değerini, R_{22} ve X_{22} bakır bara ait direnç ve kaçak reaktansın stator aktarılmış değerini ifade etmektedir.

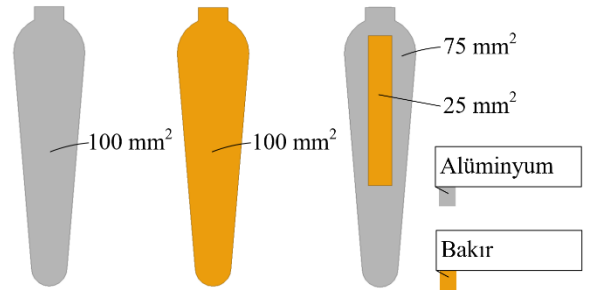
Asenkron motorlar yük altında kalkış yapabilme kabiliyetleri sebebiyle birçok uygulamada tercih edilmektedir. Bu sebeple kalkış momenti asenkron motorlar için önemli bir performans parametresidir. Asenkron motorun kalkış momenti ifadesi Denklem (1) yardımı ile bulunur [17]:

$$M_{kalkış} = \frac{3V_1^2 R_2'}{\omega_0 s \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \quad (1)$$

Verilen Denklem (1)’de R_1 ve R_2' stator ve toplam rotor faz direncini, X_2 ve X_2' stator ve toplam rotor kaçak reaktansını, ω_0 senkron motor hızını ifade etmektedir. Eşitlikte görüldüğü üzere asenkron motorun kalkış momenti rotor direnci ve reaktansı ile ilişkilidir. Bununla birlikte, rotor direnci kullanılan rotor sargısının iletkenliğine ve toplan kesit alanına, rotor kaçak reaktansı ise rotor oluk geometrisine ve oluk derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek rotor direnci iyi bir kalkış momenti sunsa dahi, kayma değerini artırarak motorun anma verimliliğini düşürmektedir. Diğer taraftan düşük rotor direnci kaymayı azaltıp yüksek anma verimliliği sunarken, düşük kalkış momenti sağlamaktadır. Sonuç olarak, kayma, anma verimliliği ve kalkış momenti arasında optimal bir denge yakalanmalıdır. İncelenen hibrit yapı ile rotor iletkenliğinin artırılarak anma verimin artırılması, bununla birlikte kalkış momentinin ise düşmemesi amaçlanmıştır.

2.2. Farklı Rotor Sargı Yapılarının İncelenmesi

Yapılan çalışmada üç farklı rotor sargı yapısının motor performansına etkisi incelenmiştir. Hibrit yapıdaki rotor sargısı toplam kesit alanının %75’i alüminyum, %25’i ise bakır iletkenlerden meydana gelmektedir. Çalışmadaki hibrit yapıdaki rotor sargısında, bakır enjeksiyonun yüksek maliyeti sebebi ile, rotor oluklarına konumlandırılan bakır baralar üzerine alüminyum enjeksiyon gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Kullanılan rotor sargı yapılarının ilkinde kısa devre kafesi tamamen alüminyum iletkenlerden oluşmaktadır, ikincisinde kısa devre kafesi tamamen bakır iletkenlerden oluşmaktadır. Üçüncü rotor yapısı ise bakır ve alüminyum malzemelerin birlikte kullanıldığı hibrit yapıdır. Hibrit yapıda rotor barının toplam kesit alanının %25’i Şekil 2’deki gibi konumlandırılan dikdörtgen bakır baradan oluşmakta, kafesi oluşturan diğer kısımlar ise alüminyumdan oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan rotor geometrileri Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Kullanılan rotor geometrileri, alüminyum (solda), bakır(ortada) ve hibrit(sağda)

Rotorda kullanılan iletken malzemelerinin özellikleri Tablo 3’de sunulmuştur.

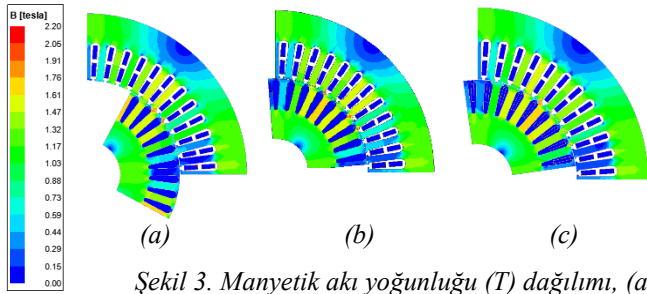
Tablo 3. Alüminyum ve bakır sargı malzemelerine ait özellikler

	Alüminyum	Bakır
İletkenlik (S/m)	33000000	58000000
Erime Noktası (°C)	660	1084
Termal İletkenlik ($W.m^{-1}/^{\circ}C$)	205	401
Yoğunluk ($kg.m^{-3}$)	2712	8940

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

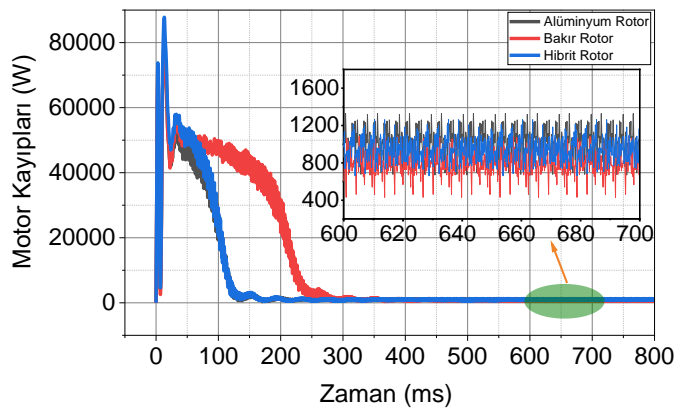
3.1. Sonlu Eleman Analizleri

Bu bölümde alüminyum, bakır ve hibrit rotorlu asenkron motorun geçici durum SEA sonuçları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Yapılan üç farklı analizde de motorun yalnızca rotoru değiştirilmiştir. Her üç tasarımda rotor sargılarına ait direnç değerlerinin farklı oluşu, farklı kayma değerlerinin elde edilmesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte özellikle rotor akı yoğunlukları arasındaki olası farklılıklar incelenmiştir. Farklı rotor yapılarına ait motorların manyetik akı yoğunluğu dağılımları Şekil 3’de sunulmuştur.



Şekil 3. Manyetik akı yoğunluğu (T) dağılımı, (a) Alüminyum rotor, (b) Bakır rotor, (c) Hibrit rotor

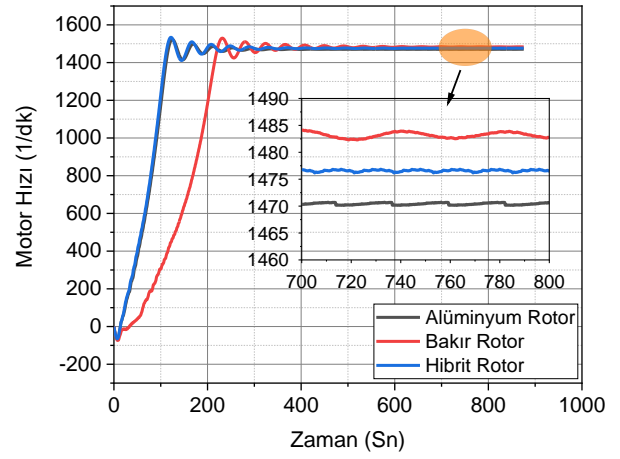
Oluk ağızlarındaki kısmi doyum noktaları dışında üç motorda en yüksek manyetik akı yoğunluğu değerinin 1,6T seviyelerinde olduğu görülmektedir. Rotor pozisyonları arasındaki fark, her motorun farklı kayma değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Üç motorun kalkış anından 800 ms’ye kadar gerçekleştirilen geçici durum analizi sonucunda toplam motor kayıplarının değişimi Şekil 4’de verilmiştir.



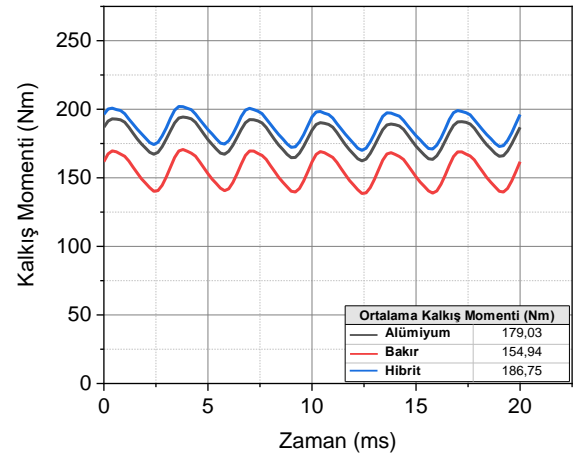
Şekil 4. Anma şartlarında motorun toplam kayıplarının değişimi

600-700 ms arasındaki kayıpların ortalama değeri karşılaştırıldığında, alüminyum rotorlu motor 1025 W, bakır rotorlu motorun 856 W ve hibrit rotorlu motor ise 923 W toplam kayba sahiptir. Aradaki fark rotor sargı kayıpları arasındaki fark olarak ifade edilir. Rotor direncinin ve rotor geometrisine dayalı rotor kaçak reaktansının asenkron motorun anma yükündeki kaymasına ve kalkış momenti üretme kabiliyetine etkisi

incelenmiş ve Şekil 5’de analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 5. SEA sonuçları, (a) Anma yükünde rotor hızları, (b) Kalkış momenti analizi (Kilitli Rotor)

Analizleri gerçekleştirilen üç farklı asenkron motorun SEA sonuçları aşağıdaki Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. SEA sonuçları

Malzeme	Alüminyum	Bakır	Hibrit
Motor Hızı (1/dk)	1470	1483	1476
Verim (%)	93,6	94,6	94,2
Güç Faktörü	0.89	0.88	0.89
Kalkış Momenti (Nm)	179,03	154,94	186,75

Yapılan analizler sonucunda asenkron motorun rotorunda alüminyum kullanıldığında kalkış momentinin bakır rotorlu asenkron motordan 24,09 Nm daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda alüminyum rotorlu motorun anma şartlarındaki kaymasının bakır rotorlu motorun kaymasından 13 devir daha fazladır. Alüminyum ve bakırdan meydana gelen hibrit rotorlu motorun sonuçları incelendiğinde ise, kalkış momentinin alüminyum rotorlu asenkron motordan daha yüksek olarak elde edilmiştir. Denklem (1)’de verildiği gibi asenkron motorun kalkış momenti rotor direnci ve reaktansı ile ilişkilidir ve kalkış momentini arttırmak için rotor direncini arttırmak ve derin rotor olukları kullanmak yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ancak hibrit rotora sahip motorda, rotor direncinin alüminyum rotorlu

motora göre daha düşük olmasına rağmen deri etkisiyle kaçak reaktansı olumlu yönde etkilemiş ve kalkış momentinin daha yüksek olmasını sağlamıştır. Böylelikle hibrit rotorlu yapıda sargı direncinin azaltılması kaymanın azalması ile sonuçlanırken, motorun kalkış performansı olumsuz etkilenmemiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, 400V 50 Hz şebeke geriliminde çalışan 4 kutuplu 15 kW anma gücünde bir asenkron motorun üç farklı rotor oluk yapısında analizleri gerçekleştirilmiştir. Alüminyum, bakır ve %25'i bakır %75'i alüminyum olmak üzere hibrit rotora sargısına sahip üç farklı motorun anma noktalarındaki ve kalkış anındaki analiz sonuçları sunulmuştur. Anma şartlarındaki yapılan SEA analizleri sonucunda alüminyum, bakır ve hibrit rotora sahip motorun verimi sırasıyla %93.6, %94.6 ve %94.2 olarak elde edilmiştir. Rotor direnci ile orantılı olarak alüminyum, hibrit ve bakır rotora sahip motorun kaymaları ise sırasıyla 30 devir, 24 devir ve 17 devir olduğu görülmüştür. Yapılan analiz çalışmasının sonucunda anma noktasındaki kayma değerinin rotor direnci ile orantılı olarak değiştiği görülmüştür. Motorun kalkış performansını gözlemlemek için yapılan analiz sonuçları incelendiğinde hibrit rotora sahip motorun en yüksek kalkış momentini üretmektedir. Hibrit rotorun direncinin alüminyum rotorun direncinden daha yüksek olmasına rağmen, hibrit rotorun geometrisinden kaynaklı olarak rotor kaçak reaktansını değiştirmesi sonucunda motorun kalkış momentinde iyileşme meydana getirmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, asenkron motorun verimliliğini arttırmak için yeni bir hibrit rotor yapısı ile rotor kayıpları azaltılarak motor verimi alüminyum sargılı motora kıyasla %0,6 oranında artırılmıştır. Önerilen yöntem ile bakır enjeksiyon gibi yüksek maliyetli proseslere ihtiyaç olmaksızın asenkron motorların verimliliğinin artırılabilirliği ve kalkış performansının ise olumsuz etkilenmeyeceği değerlendirilmektedir.

Kaynakça

[1] Agamloh, E. B., & Cavagnino, A. (2013, March). High efficiency design of induction machines for industrial applications. In 2013 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD) (pp. 33-46). IEEE.

[2] Jia, S., Zhang, P., Liang, D., Dai, M., & Liu, J. (2019, August). Design and Comparison of Three Different Types of IE4 Efficiency Machines. In 2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (pp. 1-4). IEEE.

[3] Commission Regulation (EC) No 640/2009. (22 July 2009). Implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for electric motors.

[4] Commission Regulation (EC) No 1781/2019 (2019). Laying down ecodesign requirements for electric motors and variable speed drives pursuant to Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council, amending Regulation (EC) No 641/2009 with regard to ecodesign requirements for glandless standalone circulators and glandless circulators integrated in products and repealing Commission Regulation (EC) No 640/2009.

[5] Heidari, H., Rassölkin, A., Kallaste, A., Vaimann, T., Andriushchenko, E., Belahcen, A., & Lukichev, D. V. (2021). A Review of Synchronous Reluctance Motor-Drive Advancements. *Sustainability*, 13(2), 729.

[6] Liu, Z., Hu, Y., Wu, J., Zhang, B., & Feng, G. (2021). A Novel Modular Permanent Magnet-Assisted Synchronous Reluctance Motor. *IEEE Access*, 9, 19947-19959.

[7] Jurca, F. N., Inte, R., & Martis, C. (2020). Optimal rotor design of novel outer rotor reluctance synchronous machine. *Electrical Engineering*, 102(1), 107-116.

[8] Seo, U. J., Kim, D. J., Chun, Y. D., & Han, P. W. (2020). Mechanical Cutting Effect of Electrical Steel on the Performance of Induction Motors. *Energies*, 13(23), 6314.

[9] Liu, Y., Han, P., & Bazzi, A. M. (2015, September). A comparison of rotor bar material of squirrel-cage induction machines for efficiency enhancement purposes. In 2015 17th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe) (pp. 1-7). IEEE.

[10] Zhang, L., Huang, Y., Dong, J., Guo, B., & Zhou, T. (2014, October). Stator winding design of induction motors for high efficiency. In 2014 17th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (pp. 130-134). IEEE.

[11] Malinowski, J., McCormick, J., & Dunn, K. (2004). Advances in construction techniques of AC induction motors: Preparation for super-premium efficiency levels. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 40(6), 1665-1670.

[12] Roffi, M., Ferreira, F. J., & De Almeida, A. T. (2017, May). Comparison of different cooling fan designs for electric motors. In 2017 IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC) (pp. 1-7). IEEE.

[13] Kartigeyan, J., & Ramaswamy, M. (2017). Effect of material properties on core loss in switched reluctance motor using non-oriented electrical steels. *Journal of Magnetism*, 22(1), 93-99.

[14] Lee, G., Min, S., & Hong, J. P. (2013). Optimal shape design of rotor slot in squirrel-cage induction motor considering torque characteristics. *IEEE Transactions on Magnetics*, 49(5), 2197-2200.

[15] Tutelea, L., & Boldea, I. (2010, May). Induction motor electromagnetic design optimization: Hooke Jeeves method versus genetic algorithms. In 2010 12th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (pp. 485-492). IEEE.

[16] Mechler, G. C. (2010). Manufacturing and cost analysis for aluminum and copper die cast induction motors for GM's powertrain and R&D divisions. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, MA, USA.

[17] Pejovski, D., & Velkovski, B. (2016). Calculation of induction motor starting parameters using MATLAB. *Infoteh Jahoriina*, 15, 879-884.



Covid-19 Döneminde Uzaktan Eğitimde Mentor Gerekliliğinin Makine Öğrenmesi Yaklaşımları ile Belirlenmesi ve Belirleyicilerin Açıklanması

Ebru Şimşek¹, Pelin Canbay^{2*}

¹Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1214-416X), ebrusimsek201@gmail.com

²Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8067-3365), pelincanbay@ksu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948242)

ATIF/REFERENCE: Şimşek, E. & Canbay, P. (2021). Covid 19 Döneminde Uzaktan Eğitimde Mentor Gerekliliğinin Makine Öğrenmesi Yaklaşımları ile Belirlenmesi ve Belirleyicilerin Açıklanması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (26), 247-255.

Öz

Covid-19 salgını, dünya genelinde ciddi yaşam kaybına neden olmuş ve Mart 2020'de bu salgın süreci pandemi olarak tanımlanmıştır. Hastalığın yayılımını engelleyebilmek için Covid-19 kısıtlamaları kapsamında eğitim kurumları acilen uzaktan eğitime geçmiştir. Öğrenciler tüm uyarıcı ve disiplinlerin kendi kontrol ve sorumluluklarına bağlı kaldığı bu süreçte normalden çok daha fazla adaptasyon sorunu yaşamaktadır. Farklı yaşam koşullarında yeterli motivasyonu sağlayamayan öğrenciler online derslere uyum göstermekte büyük oranda zorluk çekmektedir. Söz konusu zorluğu azaltabilmek adına bu makalede, öğrencilerin motivasyon ihtiyaçları doğrultusunda bir mentor tarafından desteğe ihtiyaç duyup duymadıklarını makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılarak tespit eden bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma ile sosyal farkındalık artırılarak mentor kavramı ile öğrencilere dışsal motivasyon sağlanıp fırsat eşitliği sunulması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında Ürdün Üniversitesi öğrencilerine yapılan anket veri kümesi olarak kullanılmış, çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Analiz sonucu Destek Vektör Makinesi %95 F1 skoru ile bu problem için en yüksek başarıyı üreten sınıflandırıcı olarak tespit edilmiştir. Çözümü modellemek için kullanılan diğer sınıflandırıcılardan da yakın sonuçlar elde edilmiştir. Diğer taraftan Karar Ağaçları algoritmasının açıklanabilirlik yapısı kullanılarak sınıflandırmadaki en etkili belirleyiciler bulunmuştur. Böylece mentor gerekliliğinin tespiti için öğrencilere uzun anketler uygulamanın mümkün olmadığı durumlarda, en verimli sonucu alabilecek belirleyicilerin kullanımı tercih edilebilecektir. Yapılan çalışmada mentor gerekliliğinin tespitinde kullanılacak en etkili belirleyici olarak, öğrencilerin "E-öğrenme sistemini kullanmak üretkenliğimi artırıyor." seçeneğine vermiş oldukları cevap tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında belirleyicilerin etkililik hiyerarşisi en yüksekte başlayarak ilk üç seviyeye göre ayrıntılandırılmış, uygulamanın olanağına göre tercihe sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Açıklanabilirlik, Covid-19, Makine Öğrenmesi, Mentörlük, Pandemi

In Covid-19 Period Determining the Mentor Requirement on Distance Education with Machine Learning Approaches and Explanation of the Determinants

Abstract

The Covid-19 outbreak caused serious loss of life worldwide, and this epidemic period was defined as a pandemic in March 2020. In order to prevent the spread of the disease, educational institutions urgently switched to distance education within the scope of Covid-19 restrictions. Students experience much more adaptation problems than usual in this period of time in which all stimuli and disciplines depend on their control and responsibilities. Students who cannot provide sufficient motivation in different life situations have great difficulty in adapting to online courses. In order to reduce this difficulty, a study was conducted in this paper to determine whether students need support from a mentor in line with their motivational needs, using machine learning approaches. This study aims to

* Sorumlu Yazar: pelincanbay@ksu.edu.tr

provide equality of opportunity by increasing social awareness and providing external motivation to students by the concept of the mentor. Within the scope of the study, a questionnaire for the students from The University of Jordan was used as a data set, experiments were carried out using various machine learning algorithms, and the comparative analysis of the results obtained was made. As a result of the analysis, the Support Vector Machine was determined as the classifier that produced the highest success for this problem with a 95% F1 score. Similar results were obtained from other classifiers used to model the solution. On the other hand, by using the explainability structure of the Decision Trees algorithm, the most effective determinants in classification were found. Thus, in cases where it is not possible to apply long questionnaires to students to determine the mentoring requirement, the use of determinants that can get the most efficient result can be preferred. In the study, the most effective determinant that can be used in determining the mentoring requirement is the answer students gave to the option of "Using the e-learning system increases my productivity" was determined. Within the scope of the study, the effectiveness hierarchy of the determinants was detailed until the first three levels, starting from the highest, and presented to the preference according to the possibility of the application.

Keywords: Covid-19, Explainability, Machine Learning, Mentorship, Pandemic.

1. Giriş

Koronavirüsler, hayvanlarda veya insanlarda hastalığa neden olabilecek büyük bir virüs ailesidir. En son keşfedilen koronavirüs hastalığı üst solunum yolu hastalığı olup COVID-19 olarak isimlendirilmiştir. Yüksek oranlarda can kayıplarına neden olması sebebiyle Dünya Sağlık Örgütü tarafından 12 Mart 2020 de COVID-19 salgını pandemi olarak ilan etmiştir. Bu sebeple devletlerce hastalığın yayılımına, bulaş ortamına ve vaka yoğunluğuna sebep olabilecek durumlara karşı çeşitli önlemler alınmış ve milletler bu kısıtlamalarla yaşamaya başlamıştır. (Bingöl Schrijer, 2020; Bostan ve ark., 2020; Atasoy ve ark.,2020)

Pandemi nedeniyle alınan önlemler mümkün olduğunca evde kalmak, kalabalık ortamlara girmemek, insanlarla araya sosyal mesafe koymak, belirtiler varsa karantina uygulamak gibi sıralanabilir. Bu kısıtlamalarla beraber yaşayabilmek için "yeni normal" diye bir kavram türemiştir. İnsanlar yeni normal ile eski alışkanlıklarının dışında, sosyal ortamlardan uzak mümkün olduğunca evde yaşamaya başlamışlardır. İnsan sosyal bir varlık olduğundan bu durum psikolojilerini de etkilemiştir. İş, okul, günlük hayatta rutin işlerine devam ederken motivasyon bulmakta zorlanmışlardır (Bingöl Schrijer, 2020; Bostan ve ark., 2020; Atasoy ve ark., 2020).

İnsanların bireysel gelişimi ve bireysel tatmini için güdüleyici iç ve dış motivasyon gerekmektedir. İçsel motivasyon insanın kendinin farkında olarak, kendini tanıyarak hedeflerine ulaşmak için kendinden güç bulması demektir. İçsel motivasyon sağlayan iyi stresle öğrenci ders çalışmaya motive olabilmektedir. Dışsal motivasyon ise dışardan gelen maddi yada sözlü uyaran aracılığıyla hedefine ulaşmak için insana güç kazandırılması demektir. Öğrencilerin dışsal motivasyon sağlayan çevresindeki insanların etkisi ile eğitimle olan bağları şekillenmektedir. Çevrelerinde kendilerini çalışmaya teşvik eden kişiler bulunan öğrenciler daha başarılı sonuçlar almaktadır. Çevreden gelen bu teşvik ile hedeflerine ulaşmak için öğrencilere güç kazandırılmış olur. Çevrelerinde kendilerini çalışmaya teşvik eden kişiler bulunan öğrenciler daha başarılı sonuçlar almaktadır. Ancak Covid-19 kısıtlamaları nedeniyle geçilen online eğitimde dış uyaranlar azalmış, bu sebeple motivasyon kaynağı oranları değişmiş içsel motivasyon ön plana çıkmıştır. Dışsal motivasyona fazla gereksinim duyan insanın sosyal bir varlık olması da bu durumu zorlaştırmaktadır. Sorumluluk bilincinin yeni yeni geliştiği öğrencilerin kendi kendini kontrol edebilmesi oldukça güçtür. Ne yazık ki farklı yaşam koşullarında bu duruma adaptasyon sağlayıp içsel motivasyon göstermek daha da zor olmaktadır. Uzaktan eğitime hızlı geçiş süreci bu durumu daha görünür kılmıştır (Bingöl Schrijer, 2020; Atasoy ve ark.,2020; Tohidî & Jabbarî 2020; Dede & Argün, 2004).

Okullar da sosyal iletişimin fazla olduğu alanlardır. Pandemi ilanıyla birlikte tüm dünyada okullar acilen uzaktan eğitime geçmiştir. Dersleri öğretmenler ya çevrimiçi ortamlarda sanal sınıflarda ya da uzaktan eğitim sistemine yüklediği videolar üzerinden işlemektedir. Öğrenciler ve öğretmenler birbirleri için bedensel varlıklarından uzaklaşıp soyut bir varlığa dönüşmüştür. Sınıf ortamında arkadaşlarıyla ders dinleyen öğrenciler, evde tek başlarına ders dinler hale gelmiştir. Öğretmen gözetiminin olmadığı, arkadaş etkileşiminin azaldığı bu yeni sistem kısa süreli kalmayıp zorunlu eğitim biçimine dönüşmüştür. Bu yeni eğitim biçimi kimi öğrenciler için fayda sağlarken kimi öğrencilere iyi gelmemiştir. Derslere çalışacak gerekli motivasyonu sağlayabilmek kişiden kişiye değişmektedir. İçsel motivasyonu yüksek öğrenciler duruma kolay adapte olabilmişken içsel motivasyonu düşük olanlar duruma adapte olamamıştır. Bu durum covid olmayan yıllarla fırsat eşitsizliği yaratmış eğitim kalitesi etkilenmiştir. Böylece içsel motivasyonu yüksek öğrenciler ile içsel motivasyonu düşük öğrenciler arasında adaletsiz bir durum ortaya çıkmıştır. Öğrenci sayısının fazlalığı ve öğretmenlerin yoğunlukları düşünüldüğünde onlara dışsal motivasyon sağlayacak eğitim ortamı sağlamak güçtür (Bingöl Schrijer, 2020; Tohidî & Jabbarî 2020; Aboagye ve ark.,2021; Horita ve ark., 2021; Cicha ve ark., 2021).

Yapılan çalışmalarda mentorluk denilen gönüllü destek ağının verimliliği artırmada etkili olduğu görülmüştür. Bu gönüllük ağı mentor denilen rehber ve mentii denilen danışanlardan oluşur. Daha deneyimli ve bilgili kişiler olan mentorler daha az deneyimli ve daha az bilgili danışanlarına (menti) rehberlik yapmaktadır. Okul hayatı düşünüldüğünde daha bilgili bir akran ya da üst sınıflar bu gönüllülük ağına uygundur. Herhangi bir konuda daha bilgili akranların yada üst sınıfların sağlayacağı mentor desteği ile öğrencilere dışsal bir motivasyon kaynağı sunulabilmektedir. Böylece uzaktan eğitimde Covid-19 kısıtlamalarında eğitim almak zorunda olan öğrencilerin diğer dönemlerde eğitim alan yaşlılarına göre azalan eğitim kalitesi yükseltilebilir (Andrews & Wallis, 1999; Lee & Bush, 2003; Wilkes, 2006; Garcia ve ark. ,2021; Müller ve ark. , 2021; Tibingana ve ark. , 2020; Fayram ve ark. , 2018; Packham & Miller, 2000; Ruane, 2012).

Covid-19 süreci gereği uygulanan kısıtlamalar dolayısı ile öğrencilerin farklı yaşam koşullarında eğitim görmek zorunda olması eğitimde fırsat eşitsizliğine neden olmaktadır. Bu çalışma, eğitimde meydana gelen bu eşitsizliğe sosyal farkındalığı artırıp, motivasyon gerektiren öğrencilerin tespit edilmesini ve mentorluk kavramı ile eğitim kalitesinin Covid-19 sürecine adaptasyonunu sağlamayı amaçlamaktadır. Böylece içsel motivasyonu yüksek öğrenciler ile içsel motivasyonu düşük öğrenciler arasındaki pandemi süreci kısıtlamalardan kaynaklı, eğitimdeki adaletsizliğin ortadan kaldırılmasına katkı sunacaktır. Bu çalışmada ayrıca mentor gerekliliğini belirten en etkili belirleyiciler, Karar Ağacı algoritmasının açıklanabilirlik yapısı

kullanılarak tespit edilmiştir. Bu tespit ile öğrencilere uzun anketler yapmanın mümkün olmadığı durumlar da bile mentor gerekliliği tespiti etkili bir şekilde yapılabilir olmaktadır.

2. İlgili Çalışmalar

Pandemi sürecinde eğitimde karşılaşılan zorlukların azaltılmasına yönelik birçok bilimsel çalışma yürütülmüştür. Yürütülen çalışmaların önemli bir kısmı bu süreçte karşılaşılan performans, motivasyon ve başarı düşüklüğü ile ilgilidir. Bizim de bu çalışmada ele aldığımız gibi, pandemi sürecinde karşılaşılan zorlukların bir nebze olsun giderilebilmesi için yapılan bazı etkili çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Dias ve arkadaşları (2020), Covid - 19 çağında çevrimiçi öğrenmeyi desteklemek için derin öğrenme tahmin modeli DeepLMS geliştirmiştir. Bu model öğrenenlere üstbilişsel uyarın sağlamak ve eğitimcileri olası motivasyon eksiklikleri, ders odaklanma, henüz yayınlanmamış çevrimiçi kurs etkileşiminin benimsenmesi konusunda zamanında bilgilendirmek böylece önleyici ve düzeltici müdahaleler için uyarıda bulunmak amacıyla geribildirim sunmaktadır.

Agarwal ve arkadaşları (2021), çalışmalarında COVID-19 kısıtlamaları sırasında e-öğrenme araçlarının Hintli öğrenciler arasında verimliliğini ve kabul edilebilirliğini istatistiksel olarak analiz etmiştir. Öğrencilerin çoğunun normal sınıf eğitimlerinde e-öğrenme platformu özelliklerini benimsedikleri bulunmuş.

Ahmet ve Malik (2020), çalışmalarında yüksek eğitim kurumlarında, COVID-19 döneminde stratejik karar vermek için makine öğrenmesi algoritmalarının performansını araştırmıştır. Random Forest algoritma performansının Destek Vektör Makinesi, Karar Ağacı ve Navie Bayes'e kıyasla daha yüksek olduğunu göstermişlerdir.

Lu ve arkadaşları (2020), çalışmalarında e-öğrenimin kabulünü etkileyen faktörleri makine öğrenimi algoritması yaklaşımı ile araştırmıştır. Çalışmada kümeleme ile geleneksel öğrenme, e-öğrenme ve hibrit öğrenme şeklinde sınıflar belirlenip sınıflandırma algoritmaları ile model geliştirilmiştir. Öğrencilerin uygun bir öğrenme yöntemi seçmelerine yardımcı olan tahmin sonuçlarının doğruluğu % 81,52 bulunmuştur.

Feldman ve arkadaşları (2020), çalışmalarında mentor/menti etkileşimlerini inceleyerek mentorlüğün gerekliliğini istatistiksel yöntemlerle araştırmıştır. Mentorlu öğretim üyelerinin, çalışmalarının dağılımından daha fazla memnun olduklarını ve mentor olmayanlara göre daha yüksek öz yeterliklere sahip olduklarını göstermektedir.

Rodger ve Tremblay (2003), çalışmasında akran mentorluk programının üniversite birinci sınıf öğrencilerinde akademik başarıya etkisini istatistiksel yöntemlerle incelemiştir. Mentorluk yapılan gruptaki yüksek kaygılı öğrencilerin, düşük kaygılı öğrencilere göre daha başarı gösterdiği gözlemlenmiş, mentorluk

yapılmayan kontrol grubunda ise yüksek kaygılı öğrencilerin, düşük kaygılı öğrencilere göre daha az başarı gösterdiği bulunmuştur.

Van Esch ve arkadaşları (2021), COVID-19 salgını endişeleri ve cinsiyetin mentor arayan davranış ve öz yeterlik üzerindeki etkisini istatistiksel yöntemlerle incelemiştir. Çalışmada 253 akademisyenden toplanan verileri analiz etmektedir. Sonuçları kadınların COVID-19 salgını hakkında daha fazla endişe duymaları nedeniyle daha fazla mentorluk istediğini göstermiştir.

Xu ve arkadaşları (2020), çevresel uyarınlarının COVID-19 bağlamında akran referansları arasındaki ilişki, algılanan yakınlık ve algılanan kontrol ve e-öğrenme katılımı üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada 377 üniversite öğrencisinden alınan veriler kullanılmıştır ve istatistiksel olarak PLS-SEM ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak e-öğrenmede algılanan yakınlık, algılanan kontrol ve akran referanslarının öğrencilerin öz yeterlik ve refahını olumlu yönde etkilediğini ve öğrenme hevesinin arttığını göstermiştir.

Kapasias ve arkadaşları (2020) COVID-19 ortasında kilitlenmenin Batı Bengal'deki çeşitli kolej ve üniversitelerin lisans ve lisansüstü öğrencileri üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. 232 öğrencinin katıldığı anket veri kümesi olarak kullanılmış ve SPSS ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Öğrencilerin % 70'inin e-öğrenmeye katılabildiği, çoğunun e-öğrenmeye katılmak için android mobil kullandığı bulunmuş. Öğrencilerde depresyon kaygısı, zayıf internet bağlantısı ve evde olumsuz çalışma ortamı gibi çeşitli sorunlar bulunduğu tespit edilmiş. Sonuç olarak uzak bölgelerden ve dışlanmış kesimlerden gelen öğrencilerin, bu salgın sırasında çalışmak için büyük zorluklarla karşılaşmakta olduğu ve fırsat eşitsizliği yaşadığı görülmüştür.

3. Materyal ve Metot

3.1. Veri Kümesi

Bu çalışmada, Ürdün üniversitesi öğrencilerine Mart 2020 ve Nisan 2020 arasındaki pandemiye ilk geçiş sürecinde yapılmış bir anketten toplanarak hazırlanmış olan e-öğrenme veri kümesi kullanılmıştır (Al-Okaily ve ark. , 2020a, 2020b). Anket öğrencilerin demografik özellikleri ve e-öğrenme sistemini kullanmalarına ilişkin bakış açılarını sorgulayan soruların cevaplarını içermektedir.

Ham veri kümesi; 587 öğrenci için 6 demografik soru, 20 e-öğrenme sorusu ve anket zamanı olmak üzere toplam 27 öznelik içermektedir. Veri kümesinde her satır, bir kişinin ankete verdiği yanıtı temsil eder. Katılımcıların belirli bir ifadeye ne kadar katıldıklarını veya katılmadıklarını belirtmelerine olanak sağlamak için beş puanlık bir aralık ölçeği uygulanmıştır (Al-Okaily ve ark. , 2020a). Öğrencilerinin profiline ilişkin veri kümesinin demografik bilgileri Tablo 1'de gösterilmiştir

Tablo 1. Veri Kümesi Demografik Bilgileri

Cinsiyet	290 erkek (%49,4) 297 kadın (%50,6)
Yaş	18-20 yaş arası 149 kişi (%25,3) 21-23 yaş arası 311 kişi (%52,9) 24-30 yaş arası 100 kişi (%17) 30 yaş üstü 28 kişi (%4,7)
Seviye	Lisans öğrencisi 572 kişi (%97,4) Lisansüstü öğrencisi 15 kişi (%2,6)
Daha önce e-öğrenme kullanma durumu	Kullanan: 293 (%49,9) Kullanmayan: 294 (%50,1)

3.2. Öznitelik Bilgisi

Bu çalışmada 4 demografik soru ve 20 e-öğrenme sorusu öznitelik olarak kullanılmıştır. Kullanılan öznitelikler Tablo 2’de gösterilmiştir. Demografik sorulara verilen cevaplar kategorik cevaplar içermektedir. Cinsiyet sorusuna erkek ya da kadın şeklinde cevaplar alınmıştır. Yaş sorusu için 18-20 yaş aralığı, 21-23 yaş aralığı, 24-30 yaş aralığı yada 30 yaş üstü şeklinde cevaplar alınmıştır. Öğrencilik seviyesi lisans ya da lisansüstü olarak

belirtilmiştir. Daha önce e-öğrenme sistemi hizmetlerini kullanma durumu evet ya da hayır şeklinde belirlenmiştir.

E-öğrenme sorularına verilen cevaplar kesinlikle katılmıyorum için 1, katılmıyorum için 2, kararsızım için 3, katılıyorum için 4, kesinlikle katılıyorum için 5 şeklinde numerik olarak alınmıştır. Veri kümesine mentor gerekliliğini belirlemek için etiket sınıfı eklenmiştir. Mentor gerekli için 1, mentor gerekli değil için 0 şeklinde numerik değer olarak eklenmiştir.

Tablo 2. Kullanılan Öznitelikler

Demografik sorular	Cevaplar
Cinsiyet	erkek:1, kadın:0
Yaş	18-20: 1000, 21-23: 0100,
Seviye	lisans :1, lisansüstü :0
Daha önce E-öğrenme sistemi hizmetlerini kullandınız mı?	evet :0, hayır:1
e-öğrenme soruları	Cevaplar
Benim için önemli olan kişiler e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünüyor	1=kesinlikle katılmıyorum, 2=katılmıyorum, 3=kararsızım, 4=katılıyorum, 5=kesinlikle katılıyorum
Davranışımı etkileyen kişiler e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünüyor	
Üniversitemde e-öğrenme sistemini kullanan öğrencilerin, kullanmayanlara göre daha fazla	
Üniversitemde e-öğrenme sistemini kullanan öğrenciler kullanmayanlara göre daha yüksek	
Arkadaşlarım e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünür.	
Akrabalarım e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünür	
Akranların e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünür.	
Sınıf arkadaşlarım e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğine inanır.	
E-öğrenme sistemini kullanmak günlük hayatımda faydalıdır.	
E-öğrenme sistemini kullanmak üretkenliğimi artırıyor.	

<i>E-öğrenme sistemini kullanmak zaman kazandırır.</i>	
<i>E-öğrenme sistemini kullanmak verimliliğimi artırıyor.</i>	
<i>E-öğrenme sisteminin kullanımının kolay olduğunu hissediyorum.</i>	
<i>E-öğrenme sisteminin uygun olduğunu hissediyorum.</i>	
<i>E-öğrenme sisteminden istediğim bilgiyi elde etmek kolaydır.</i>	
<i>E-öğrenme sistemi eğitim gerektirmez.</i>	
<i>Gelecekte e-öğrenme sistemini kullanmayı düşünüyorum.</i>	
<i>E-öğrenme sistemini mümkün olan her zaman günlük hayatımda kullanırım.</i>	
<i>E-öğrenme sistemini sıklıkla kullanmayı planlıyorum.</i>	
<i>Yakın gelecekte e-öğrenme sistemini kullanacağımı tahmin ediyorum.</i>	
Mentor gerekli mi?	<i>0: hayır, 1:evet</i>

3.3. Veri Kümesi Önışleme

Ham veri kümesini analize hazır hale getirmek için ön işlemden geçirilmesi gerekir. Bunun için ham veri kümesinde gerekli görülmeyen öznitelikler çıkarılmıştır. Anketin otomatik kayıt zamanı, öğrencilerin bölümleri ve e-öğrenme kullanma durumu “evet” ise buna bağlı “ne kullanıldı” sorusunun cevaplarını içeren sütunlar analize katkısı olduğu düşünülmediği için veri kümesinden çıkarılmıştır. Kullanılan öznitelik cinsiyet, yaş, seviye, e-öğrenme geçmişi ve e-öğrenme ile ilgili 20 sorudur. İşlem yapabilmek için veri kümesindeki yazım hataları giderilmiştir. Böylece 587 satırlık, 4 tanesi kategorik değer içeren 24 öznitelikli veri kümesi elde edilmiştir.

Elde edilen veri kümesindeki kategorik verileri numerik verilere dönüştürmek amacı ile; iki değişkenli cevaplar içeren cinsiyet, seviye ve e-öğrenme geçmişi için Label Encoding ile etiket kodlama uygulanmıştır. 4 farklı değişken içeren yaş özniteliğine ise One Hot Encoding ile ikili gösterim sunan kodlama uygulanmıştır. Label Encoding, kategorik değişkenlere sırayla numara verirken, One Hot Encoding, işlenen öznitelik içindeki her bir kategorik değişken için yeni öznitelik oluşturup satırda var olması durumunda 1, var olmaması durumunda 0 olacak şekilde ikili temsil imkanı sunar. Böylece kategorik veriler sayısallaştırılmış olur. Label Encoding ile öznitelik sayısı aynı kalırken, One Hot Encoding ile kategorik değişken kadar yeni öznitelik veri kümesine eklenmiştir.

Orijinal veri kümesinde bulunan özniteliklerden “E-öğrenme sistemini kullanmak verimliliğimi artırıyor.” olan 12. sorunun cevabı mentor ihtiyacını belirlemek amacı ile veri kümesinin etiketlendirilmesinde kullanılmıştır. Verimliliğin artırmadığını belirten 1-2-3 değerleri için “evet” yani “Mentor gereklidir”, verimliliğin artırdığını belirten 4-5 değerleri için “hayır”, yani “Mentor gerekli değildir” karşılaştırmaları ile etiketlendirme işlemi yapılmıştır. Mentor gereklidir durumunun etiketi “1”, mentor gerekli değildir durumunun etiketi “0” olacak şekilde güncellenerek orijinal veri kümesi 2 sınıflı bir veri kümesine dönüştürülmüştür. 12. soru etiket geliştirilmede kullanıldığı için ilgili kolon veri kümesinden çıkarılmıştır.

3.4. Kullanılan Sınıflandırıcılar ve Parametreleri

Yapay zeka ile karar destek sistemleri gün geçtikçe güçlendirilmektedir. Bu çalışmada da veri kümesindeki veriler arasında insanların algılaması ve hesaplamasının çok zor olduğu örüntülerin bulunmasını sağlayan makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Veri analizinde denetimli öğrenme modeli yani uzman görüşü ile sınıflandırılmış verilerden öğrenme yapılacağı için algoritmalar buna göre seçilmiştir. Farklı algoritmaların problem özelinde performanslarını karşılaştırabilmek adına K En Yakın Komşuluk (K Nearest Neighbors (KNN)), Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine (SVM)), Naif Bayes (Naive Bayes (NB)), Algılayıcı (Perceptron (P)), Karar Ağacı (Decision Tree (DT)) ve Rastgele Orman (Random Forest (RF)) yöntemleri kullanılmıştır. Sistem veriler ve algoritmalar ile eğitilmiş örüntüler bulunarak modeller geliştirilmiştir. Çalışmanın geri kalanında algoritmalarından bahsedilirken kısaltmaları kullanılacaktır.

Model geliştirilirken kullanılan algoritmaların özellikleri belirlenebilir. Bu çalışmada varsayılan özellikler kullanılmıştır. KNN için komşu sayısı $k=5$ alınmıştır. Tüm noktalar eşit olarak ağırlıklandırılmıştır. Uzaklık ölçüsü olarak Minkowski kullanılmıştır. SVM için kernel fonksiyonu olarak rbf kullanılmıştır. Kernel fonksiyonunun derecesi 3 alınmıştır. NB için Gaussian Naive Bayes yani normal dağılımlı NB kullanılmıştır. P için maksimum iterasyon sayısı 1000, durdurma kriteri 0.001. Eğitim verileri de her iterasyondan sonra karıştırılmıştır. DT için kriter olarak Gini index kullanılmıştır. Her düğümde bölünmeyi seçmek için en iyi belirleyici seçilmiştir. Dahili bir düğümü bölmek için gereken minimum örnek sayısı 2 dir. Bir yaprak düğümünde olması gereken minimum örnek sayısı 1 dir. Daha sonra bu index ile elde edilen sonuçlar kullanılarak sınıflamanın belirleyicileri açıklanacaktır. RF için ağaç sayısı 100 dür. Kriter olarak yine Gini indexi seçilmiştir. Dahili bir düğümü bölmek için gereken minimum örnek sayısı 2 dir. Bir yaprak düğümünde olması gereken minimum örnek sayısı 1 dir.

3.5. Sınıflandırıcıların Eğitimi

Veri kümesi ile sistemi eğitmek için öncelikle eğitim ve test verilerine ayırmak gerekir. Bu sebeple veri kümesi %80 eğitim

veri kümesi ve %20 test veri kümesi olarak 469 eğitim 118 test için kullanılmak üzere ayrılmıştır. Ayrımında rastgelelik sağlanmıştır. Daha sonra sistem eğitim veri kümesi ve algoritmalar ile eğitilerek model geliştirilmiştir.

Kullanılan algoritmaların birbirinden farklı karar yaklaşımları vardır. KNN, sınıfı aranan veriye, dağılım içindeki en yakın k kadar komşusuna bakarak karar vermeyi sunan algoritmadır. SVM, dağılımı inceleyerek dağılımına göre veri noktalarını belirgin bir şekilde ayıran bir hiper düzlem bulup buna göre sınıflandırma yapar. NB, Bayes olasılık teoremine dayanan hesaplamayla sınıf belirleme yapar. Algılayıcı, tek katmanlı sinir ağı olup belli bir eşik bilgisine göre sınıflandırmaya dayanır. Karar Ağacı, tepeden aşağı inerek ağaç benzeri model ile karar noktalarında kurala uygun sınıflandırma yapar. RF, çok sayıda karar ağacı inşa edip ortalama bir karar oluşturarak sınıflandırma yapan bir toplu sınıflandırıcıdır. Sistem bu algoritmaları kullanarak örnek veri kümesi olan eğitim veri kümesi ile eğitilmiş örüntüler bularak modeller geliştirmiştir.

Algoritmalar ile ayrı ayrı geliştirilmiş modeller test verisine uygulanarak test edilmiştir. Geliştirilen modelleri değerlendirmek için hata matrisleri çıkarılmış, model doğruluk (accuracy), kesinlik (precision) ve duyarlılık (recall) ölçülmüş, ayrıca kesinlik ve duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasını veren F1 skoru hesaplanmıştır.

Çalışmada makine öğrenmesi kullanıldığı için probleme en uygun modeli seçmek gerekir. En uygun modelin hangisi olması gerektiğine karar vermek için ise veri kümesindeki sınıf dağılımını incelemek gerekir. Kullanılan veri kümesi sınıf dağılımını incelendiğinde; Mentor gereken 458 öğrenci varken, mentor gerekmeyen 129 öğrenci vardır. Sınıflar arasında fark fazla olmasaydı doğruluk ölçüğü en uygun modeli seçerken kullanılabilirdi. Ancak sınıflar arasındaki fark fazladır. Bu sebeple en uygun model F1 skoru ölçüğü olarak belirlenmiştir.

Hata matrisleri; Doğru tahmin-sınıfl (True Pozitif (TP)), Doğru tahmin-sınıfl2 (True Negatif (TN)), Yanlış tahmin-sınıfl (False Pozitif (FP)) ve Yanlış tahmin-sınıfl2 (False Negatif (FN)) değerlerini içerir. Bu değerler kullanılarak aşağıdaki fonksiyonlar ile doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1 skor hesaplanmıştır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{F1 Skor} = 2 * \left(\frac{TP}{TP+FP} \right) * \left(\frac{TP}{TP+FN} \right) / \left(\frac{TP}{TP+FP} + \frac{TP}{TP+FN} \right)$$

Doğruluk, modelde doğru tahminlerin toplam veri kümesine oranıdır. Kesinlik, pozitif yani sınıflı olarak tahmin edilenlerin gerçekten kaç tanesinin sınıflı olduğunu gösterir. Duyarlılık, pozitif yani sınıflı olarak tahmin edilmesini gerekenlerin ne kadarının sınıflı olarak tahmin edildiğini gösterir. F1 skoru ise Kesinlik ve Duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasını alır böylece hatalı sonuç elde edilmemesi için uç durumlar gözardı edilerek hesaplama yapılır.

3.6. Belirleyicilerin Açıklanması

Karar Ağaçları sınıflandırma ve regresyon analizinde sıklıkla kullanılan, ağaç yapısında bir çözüm sunan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Veri kümesinde bulunan her bir özelliğin o veri kümesindeki ve yapılacak sınıflandırmadaki etkisini bir indexleme ile belirler. Karar ağaçlarında en yaygın kullanılan indexleme yöntemi Gini index'tir.

$$\text{Gini}(x) = 1 - \sum_{i(x)} p_{i(x)}^2$$

Verilen formülde x, veri kümesindeki bir öznitelik olmak üzere; p_i, i sınıfının bu öznitelik etkisi ile gerçekleşme olasılığıdır.

Günümüzde artık birçok alanda yapay zekanın kullanılıyor ve insan hayatını büyük oranda etkiliyor olması, yapay zeka temelli çözümlerin açıklanabilir olması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. İnsanların hayatını bu derece etkileyen sistemlerin kapalı kutu çözümleri bu sistemlere olan güveni azalttığından, yapay zeka algoritmalarının hangi belirleyicilerin etkisi ile problemlere çözüm sunduğunun açıklanabilir olması bir ihtiyaçtır. Bu çalışmada veri kümesi olarak öğrencilere yapılan bir anket kullanılmıştır, fakat her eğitim kurumunun aynı anketi tüm öğrencilerine uygulayarak mentor gereksinimini belirlemesi, özellikle pandemi koşullarında pek mümkün görülmemektedir. Mentor gereksinimini belirlemede en etkili özniteliklerin (bizim çalışmamız için bu öznitelikler sorulardan oluşmaktadır) hangisi/hangileri olduğunun belirlenmesi ile anketin tamamı değil az bir kısmı uygulanarak da gereksinim büyük oranda tespit edilebilecektir. Bu doğrultuda çalışmamızda, Karar Ağacı algoritmasının açıklanabilir yapısından faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar bir sonraki bölümde sunulmaktadır.

4. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

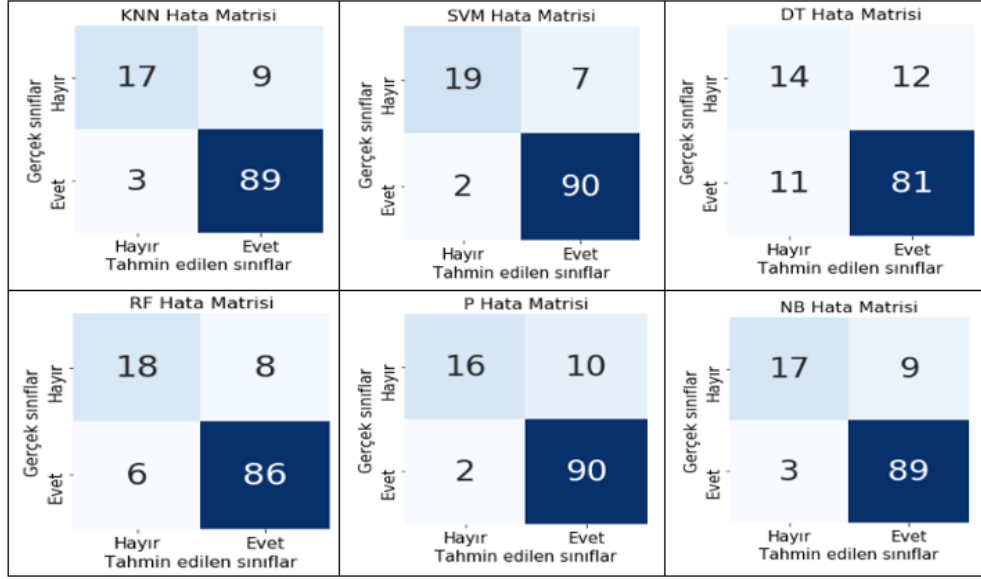
Eğitim için ayrılan veri kümesi kullanılarak, daha önce de belirtildiği gibi, 6 farklı makine öğrenmesi yöntemi ile 6 farklı sınıflandırıcı model oluşturulmuştur. Geliştirilen modeller, sınıfları bilinmeyen test verisi ile test edilmiştir. Sınıf tahmini ve gerçek sınıf bilgisinden yola çıkarak hangi algoritmanın probleme özgü daha başarılı olduğunu karşılaştırmaya yarayan model doğruluk oranları elde edilmiştir. Ayrıca algoritmaların hata matrisleri elde edilerek doğru yanlış tahminler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. Model Test Sonuçları

Model	Doğruluk (Accuracy)	Kesinlik (Precision)	Duyarlılık (Recall)	F1-score
KNN	0.89	0.90	0.96	0.93
SVM	0.92	0.92	0.97	0.95
NB	0.89	0.90	0.96	0.93
P	0.89	0.90	0.97	0.93
DT	0.80	0.87	0.97	0.93
RF	0.88	0.91	0.93	0.92

Tablo 3'te sınıflandırıcıların doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1 skor ölçümleri verilmiştir. Amaç eşit dağılmayan veri kümesinde model seçiminde hata yapmamaktır. Bu sebeple sınıflandırıcıların F1 skor'larına bakıldığında SVM F1 skoru %95 ile en yüksek olan sınıflandırıcı model olmuştur. Diğer modellerin

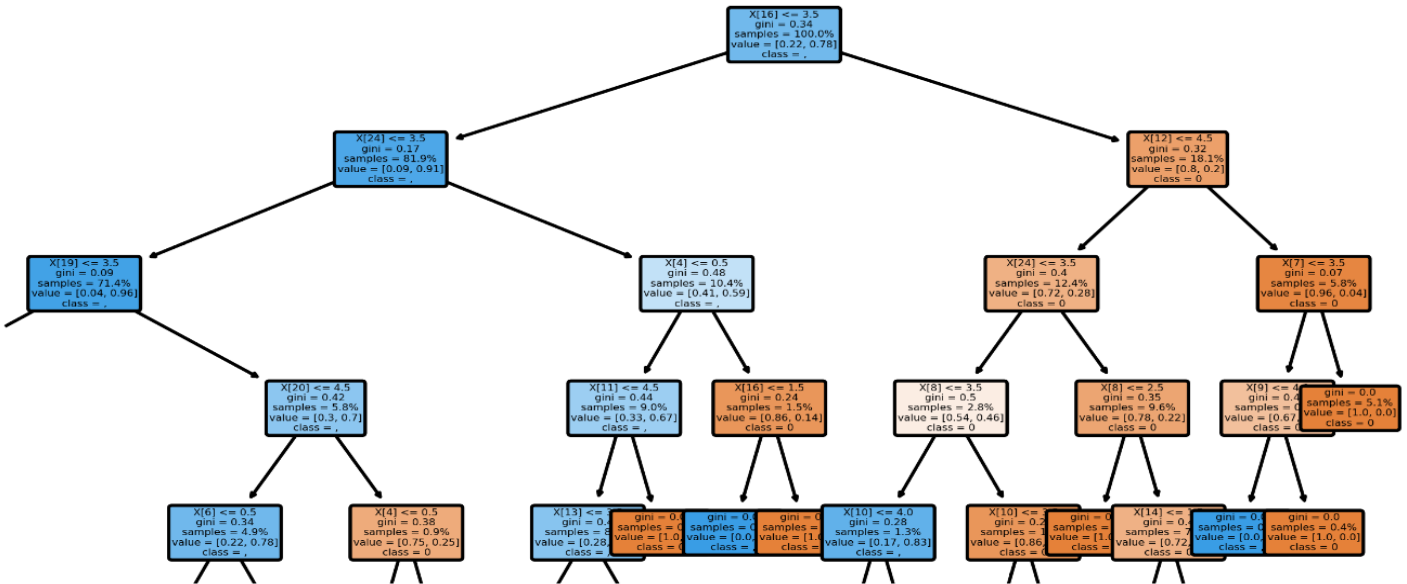
%93 F1 skoru ile eşit sonuca ulaşması da problemin ve çalışmanın tutarlılığını göstermektedir. Modellerin test sonuçlarını örneklem bazında değerlendirmeye olanak sağlayan hata matrisleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Model Hata Matrisleri

Toplamda 118 test verisi gerçekte 92 “evet” ve 26 “hayır” sınıfı bulundurmaktadır. Matrisler incelendiğinde modellere için gerçek sınıflara göre doğru ve yanlış tahminler görülebilir. En başarılı modelin SVM olarak bulunduğu bu çalışmada SVM gerçek sınıfı “hayır” olan 17 veriyi “hayır” olarak doğru tahmin ederken, 9 veriyi “evet” olarak yanlış tahmin etmiştir. Gerçek sınıfı “evet” olan 89 veriyi “evet” olarak doğru tahmin ederken, 3 veriyi “hayır” olarak yanlış tahmin etmiştir. SVM model başarısının %95 olduğu düşünülürse, mentor desteği belirlemek için makine öğrenmesi kullanmak elverişlidir.

Sınıflandırıcı model olarak Karar Ağaçları en düşük doğruluk değeri üretmiş olmasına rağmen SVM'den sonraki en yüksek F1 skorlarından birini üretmiştir. Diğer modeller ile kıyaslandığında sadece SVM ile bir miktar yüksek başarı elde edilmiştir. Dolayısı ile ele aldığımız problem özelinde açıklayıcı olarak Karar Ağacı düğümlerini ve bu düğümlerin Gini indexlerine bağlı hiyerarşisini kullanmak çözüme giden yolu açıklamak için yeterli olacaktır. Karar Ağacı algoritmasından elde edilen ağaç yapısının bir kısmı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Üretilen Karar Ağacının Bir Kısmı

Karar Ağacı algoritması probleme özgü geniş ve çok katmanlı bir çözüm üretmiştir. Elde edilen çözümün ilk üç katmanı, verilen karar ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Karar ağacının ilk üç katmanını oluşturan, yani sınıflandırıcının kararını

belirleyen en önemli 7 belirleyici, Gini indexleri ve hangi bilgiyi içerdiği önem sırasına göre Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4’te görüldüğü gibi, kullandığımız veri kümesinde ele aldığımız problemin çözümünü sağlamaya yardımcı en etkili belirleyici, öğrencilerin “E-öğrenme sistemini kullanmak üretkenliğimi artırıyor.” seçeneğine verdikleri cevap olmuştur. İndexleme işlemi her seviyede ayrı yapıldığından, index değerleri seviyelerine göre önem kazanmaktadır.

Tablo 4. Sınıflandırma Kararının En Etkili Belirleyicileri

Öznitelik	Gini index değeri	Özniteliğin İçerik Bilgisi
X[16]	0,34 (1. seviye)	E-öğrenme sistemini kullanmak üretkenliğimi artırıyor.
X[12]	0,32 (2. seviye)	Akrabalarım e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünür
X[24]	0,17 (2. seviye)	E-öğrenme sistemini sıklıkla kullanmayı planlıyorum.
X[4]	0,48 (3. seviye)	Yaş (30+)
X[24]	0,4 (3. seviye)	E-öğrenme sistemini sıklıkla kullanmayı planlıyorum.
X[19]	0,09 (3. seviye)	E-öğrenme sisteminin uygun olduğunu hissediyorum.
X[7]	0,07 (3. seviye)	Benim için önemli olan kişiler e-öğrenme sistemini kullanmam gerektiğini düşünüyor

5. Sonuç

Eğitimde başarı yüksek oranda öğrencilerin motivasyonuna ve adaptasyona bağlıdır. Covid 19 salgını ile birlikte uzaktan eğitime geçilmesiyle, hem dışsal motivasyon kaybına uğrayan hem de birçok harici uyarılarla tek başına mücadele etmek zorunda olan öğrenciler beklenmedik başarısızlıklarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, pandemi dönemindeki kısıtlamalar nedeni ile eğitimde ortaya çıkan fırsat eşitsizliğinin bir nebze önüne geçebilmek ve mevcut duruma yönelik farkındalık oluşturabilmek adına, öğrencilerin motivasyon ihtiyaçları doğrultusunda bir mentore ihtiyaç duyup duymadıklarını makine öğrenmesi yöntemleri ile tespit eden bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma ile motivasyonun artırılıp eğitim kalitesinin pandemi sürecinden en az etkilenebilecek, öğrencilere kısıtlamalar karşısında adil bir eğitim/öğretim olanağı sunabilecek bir sistem kullanımına dönüştürülebilmesi hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında Ürdün Üniversitesi tarafından pandemi döneminde uzaktan eğitim gören öğrencilere doldurtulan anketler kullanılmıştır. Pandemi koşulları düşünüldüğünde her kurumun tüm öğrencilere uzun anketler yapma olasılığının düşük olduğu göz önüne alınarak, yapay zekanın açıklanabilirliği kapsamında, mentor gerekliliğinin en etkili belirleyicileri tespit edilmiştir. Böylece daha az miktarda belirleyici ile de başarılı mentor gerekliliği tespiti yapılabilmesine olanak sağlanmıştır.

Kaynakça

Bingöl Schrijer, B . (2020). COVID-19 Salgını Süresince Eğitim Hakkı, Fırsat Eşitliği ve Sınavlara İlişkin Temel Problemler . İstanbul Hukuk Mecmuası , 78 (2) , 837-884 . DOI: 10.26650/mecmua.2020.78.2.0019

Bostan, S., Erdem, R., Öztürk, Y. E., Kılıç, T., & Yılmaz, A. (2020). The Effect of COVID-19 Pandemic on the Turkish Society. *Electronic Journal of General Medicine*, 17(6), em237. <https://doi.org/10.29333/ejgm/7944>

Atasoy, R., Özden, C., & Kara, D. N. (2020). Covid-19 Pandemi Sürecinde Yapılan E-Ders Uygulamalarının Etkililiğinin Öğrencilerin Perspektifinden Değerlendirilmesi. *Electronic Turkish Studies*, 15(6).

Tohidi, H., & Jabbari, M. M. (2012). The effects of motivation in education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31, 820-824.

Dede, Y., & Argün, Z. (2004). Öğrencilerin matematiğe yönelik içsel ve dışsal motivasyonlarının belirlenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 29(134).

Aboagye, E., Yawson, J. A., & Appiah, K. N. (2021). COVID-19 and E-learning: The challenges of students in tertiary institutions. *Social Education Research*, 1-8.

Horita, R., Nishio, A., & Yamamoto, M. (2021). The effect of remote learning on the mental health of first year university students in Japan. *Psychiatry Research*, 295, 113561.

Cicha, K., Rizun, M., Rutecka, P., & Strzelecki, A. (2021). COVID-19 and Higher Education: First-Year Students’ Expectations toward Distance Learning. *Sustainability* 2021, 13, 1889.

Andrews, M., & Wallis, M. (1999). Mentorship in nursing: a literature review. *Journal of advanced nursing*, 29(1), 201-207.

Lee, L. M., & Bush, T. (2003). Student mentoring in higher education: Hong Kong Baptist University. *Mentoring & Tutoring*, 11(3), 263-271.

Wilkes, Z. (2006). The student-mentor relationship: a review of the literature. *Nursing standard*, 20(37).

Garcia-Melgar, A., East, J., & Meyers, N. (2021). Peer assisted academic support: a comparison of mentors’ and mentees’ experiences of a drop-in programme. *Journal of Further and Higher Education*, 1-14.

Müller, A. M., Goh, C., Lim, L. Z., & Gao, X. (2021). COVID-19 Emergency eLearning and Beyond: Experiences and Perspectives of University Educators. *Educ. Sci.* 2021, 11, 19.

Tibingana-Ahimbisibwe, B., Willis, S., Catherall, S., Butler, F., & Harrison, R. (2020). A systematic review of peer-assisted learning in fully online higher education distance learning programmes. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 1-22.

Fayram, J., Boswood, N., Kan, Q., Motzo, A., & Proudfoot, A. (2018). Investigating the benefits of online peer mentoring for student confidence and motivation. *International Journal of mentoring and Coaching in Education*.

- Packham, G., & Miller, C. (2000). Peer-assisted student support: a new approach to learning. *Journal of Further and Higher Education*, 24(1), 55-65.
- Ruane, R. (2012). A study of student interaction in an online learning environment specially crafted for cross-level peer mentoring. Drexel University.
- Dias, S. B., Hadjileontiadou, S. J., Diniz, J., & Hadjileontiadis, L. J. (2020). DeepLMS: a deep learning predictive model for supporting online learning in the Covid-19 era. *Scientific reports*, 10(1), 1-17.
- Agarwal, A., Sharma, S., Kumar, V., & Kaur, M. (2021). Effect of E-learning on public health and environment during COVID-19 lockdown. *Big Data Mining and Analytics*, 4(2), 104-115.
- Ahmed, A. S. A. M. S., & Malik, M. H. (2020, November). Machine Learning for Strategic Decision Making during COVID-19 at Higher Education Institutes. In 2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA) (pp. 663-668). IEEE.
- Lu, D. N., Le, H. Q., & Vu, T. H. (2020). The Factors Affecting Acceptance of E-Learning: A Machine Learning Algorithm Approach. *Education Sciences*, 10(10), 270.
- Feldman, M. D., Arean, P. A., Marshall, S. J., Lovett, M., & O'Sullivan, P. (2010). Does mentoring matter: results from a survey of faculty mentees at a large health sciences university. *Medical education online*, 15(1), 5063.
- Rodger, S., & Tremblay, P. F. (2003). The Effects of a Peer Mentoring Program on Academic Success among First Year University Students. *Canadian Journal of Higher Education*, 33(3), 1-17.
- van Esch, C., Luse, W., & Bonner, R. L. (2021). The impact of COVID-19 pandemic concerns and gender on mentor seeking behavior and self-efficacy. *Equality, Diversity and Inclusion: An International Journal*.
- Xu, Y., Tsao, Y., Shih-Wei, C., Ching-Chang, L., Yen, K. T., & Tsai, H. Y. (2020). Effect of e-learning environmental stimuli on learning engagement in the context of COVID-19. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, 29(5), 538.
- Kapasia, N., Paul, P., Roy, A., Saha, J., Zaveri, A., Mallick, R., ... & Chouhan, P. (2020). Impact of lockdown on learning status of undergraduate and postgraduate students during COVID-19 pandemic in West Bengal, India. *Children and Youth Services Review*, 116, 105194.
- Al-Okaily, M., Alqudah, H., Matar, A., Lutfi, A., & Taamneh, A. (2020). Dataset on the Acceptance of e-learning System among Universities Students' under the COVID-19 Pandemic Conditions. *Data in brief*, 32, 106176.
- Al-Okaily et al. (2020), Mendeley Data Repository, Available: <https://bit.ly/3i8KkI5>



EOG – Based Computer Control System for People with Mobility Limitations

Cemil Keskinoglu^{1*}, Ahmet Aydın²

^{1*} Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3161-3427), ckeskinoglu@cu.edu.tr

² Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2390-7556), aydin@cu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948124)

ATIF/REFERENCE: Keskinoglu, C. & Aydın, A. (2021). EOG – Based Computer Control System for People with Mobility Limitations. *European Journal of Science and Technology*, (26), 256-261.

Abstract

Computer usage is an essential task that is required in almost every aspect of life today. As technology develops, this task becomes more and more necessary in the broader area. This task, which is quite simple for healthy people, has difficulties for people with muscular diseases or limited mobility. It is essential to use a computer not to have problems in their daily lives and adaptations. In this study, a computer control system was designed so that people with diseases such as ALS and paralysis can control computers easily. This system controls the mouse cursor according to the signal obtained by using the person's EOG signals. In this way, such people can control the computer without using their hands. In the study, the obtained EOG signals were amplified with an instrumentation amplifier and filtered digitally, thus it is ensured that the system can perform successfully. The designed system has great ease of use as it is a microcontroller-based and portable system and has a small size. In addition to the hardware, the embedded software necessary for the system's control has also been developed. With this designed system, people with limited mobility will easily use computers with only glasses in their daily lives.

Keywords: ALS, EOG, Human-computer interface, Microcontroller, Digital filtering.

Hareket Kabiliyeti Sınırlı Kişiler için EOG Tabanlı Bilgisayar Kontrol Sistemi

Öz

Bilgisayar kullanımı günümüzde hayatın neredeyse her alanında gerekmekte olan temel bir iştir. Teknoloji geliştikçe bu iş daha da geniş bir alanda gerekli olmaktadır. Sağlıklı insanlar için oldukça basit olan bu iş kas hastalıklarına sahip veya hareket kabiliyeti sınırlı olan kişiler için zorluklara sahiptir. Bu tür kişilerin gündelik işlerinde sorun yaşamaması ve hayata adaptasyonları için bilgisayar kullanabilmeleri ise oldukça önemlidir. Yapılan çalışmada ALS, felç gibi hastalıklara sahip kişilerin kolay şekilde bilgisayar kullanabilmeleri için, bir bilgisayar kontrol sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem kişinin EOG işaretlerini kullanarak bilgisayar faresinin kontrolünü sağlamaktadır. Bu sayede böyle kişiler ellerini kullanmadan bilgisayarı kontrol edebilmektedir. Çalışmada elde edilen EOG sinyalleri bir enstrumantasyon yükseltici ile yükseltilmiş ve dijital olarak filtrelenerek bu sayede sistemin başarılı şekilde çalışabilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan sistem mikrokontrolcü tabanlı, portatif ve küçük boyutlu bir sistem olduğu için büyük bir kullanım kolaylığına sahiptir. Donanımına ilaveten sistemin çalışması için gerekli olan gömülü sistem yazılımı da ayrıca geliştirilmiştir. Tasarlanan bu sistem ile hareket kabiliyeti sınırlı olan kişiler gündelik yaşamlarında bir gözlük yardımıyla kolay bir şekilde bilgisayar kullanabileceklerdir.

Anahtar Kelimeler: ALS, EOG, İnsan-bilgisayar arayüzü, Mikrokontrolcü, Sayısal filtreleme.

* Corresponding Author: ckeskinoglu@cu.edu.tr

1. Introduction

The eye is the organ that performs the visual function in humans. The eye movements are examined by using small-amplitude biological signals that occur during the movement of the eyes. The signals mentioned are called electrooculogram (EOG) signals, and this method is called electrooculography. The source of the EOG is the corneal-retinal potential due to hyperpolarization and depolarization between the cornea and retina (Barea Navarro, Boquete Vázquez, & López Guillén, 2018).

EOG signals have a frequency range of 0.1 - 20 Hz and low amplitude values such as 100 - 3500 microvolts in amplitude (Choudhury, Venkataramanan, Nemade, & Sahambi, 2005). Therefore, the EOG signals obtained must be amplified appropriately.

In the literature, there are many studies using EOG signals. For example, there are studies about the processing of signals received with electrodes placed around the eye, understanding the state of the eye, and studies in different areas such as sleep examination with the help of EOG signals (Kuo & Chen, 2020; Rahman, Bhuiyan, & Hassan, 2018). Recently, studies aiming to help people with diseases that negatively affect mobility (such as paralysis and ALS) perform their daily tasks by using EOG signals and thus can improve their quality of life are pretty popular (Jialu et al., 2018; Ramakrishnan et al., 2021). Reintegration of these people into society is very important both individually and socially.

There are studies in the literature in which EOG signals are used to control devices, especially wheelchairs. Huang et al. used EOG signals in wheelchair control. They stated that their proposed human-computer interface design could perform more commands with higher accuracy with fewer electrodes than other systems in the literature (Huang et al., 2017). In another study, Huang et al. controlled a wheelchair and a robotic arm attached to it with a hybrid method that used electroencephalography (EEG) and EOG. In this study, they held the movements of the chair to the right and left direction by using EEG signals obtained by the imagination of these movements, and used EOG in the forward, backward, and stopping movements of the chair, and in the control of the robotic arm (Huang, Zhang, Yu, He, & Li, 2019). In addition to these studies, there are also different studies in which EOG signals are used in device control (Bhuyain et al., 2019; Huang, Chen, et al., 2019; T. Li, Yang, Bai, & Wang, 2018; Y. Li, He, Huang, Gu, & Yu, 2018).

Another field of study where EOG signals are frequently used is human-computer interface studies. In these studies, people with limited mobility can easily achieve tasks such as controlling computers, surfing on the internet, etc., with eye movements. He et al. proposed a hybrid method based on EEG and EOG for computer mouse control in their study. In this way, people can perform operations such as writing and accessing the internet without any serious movement. In this study, while they used EEG signals for horizontal movement of the mouse, EOG signals were used for vertical movement, click and select (He et al., 2020). In another study, He et al. showed that writing could be performed with a keyboard in the interface using only EOG signals (He & Li, 2017). Heo et al. developed a wearable EOG measurement system worn on the head by proposing a different electrode array for the human-computer interface (Heo, Yoon, &

Park, 2017). Yang et al. developed an EOG-based brain-computer interface and used piecewise linear estimation (PLA) and support vector regression (SVR) methods in their studies. Unlike the other studies, they also measured the electromyography(EMG) signals in the temporal region (Yang, Gang, & Kim, 2018). Different studies based on EOG for human-computer interface applications are also available in the literature (Hosni, Shedeed, Mabrouk, & Tolba, 2019; Kaur, Singh, & Singh, 2017; Lin et al., 2019; Teng et al., 2020).

In this study, EOG and microcontroller-based low-cost, small, and portable computer control systems were designed and implemented for brain-computer interface applications. With this system, it is aimed that people whose mobility is partially or completely limited can use the computer by controlling the cursor on the computer with only eye movements. The EOG signals were acquired in real-time via special glasses with integrated Ag/AgCl electrodes in the study. These received signals were amplified with the instrumentation amplifier and filtered digitally. In this way, the mouse cursor could be controlled. Unlike the other studies in the literature, the number of electronic components was considerably reduced in the design, so more stable, lower cost, and the smaller device could be designed. In addition to this, a more effective device has been introduced since a digital filter is used in the study. In the study, thanks to the glasses with integrated electrodes used to collect EOG signals, the system has great ease of use and can be controlled without connecting any external electrode to the person. In the second part of the study, the system's design, acquiring and processing EOG signals, and the developed software was explained. In the last part of the study, the study's results and the study's comparison with other studies were mentioned.

2. Material and Method

2.1. Circuit Designing and Hardware

In this study, a system that can control the mouse cursor on a computer using EOG signals has been developed for people with limited mobility. The EOG signals were acquired with glasses with integrated electrodes from the user's eye movements in both vertical and horizontal axes in the design. The glasses used can be attached to the head with an adjustable band, and they can be narrowed and expanded according to the person's head size. In this way, it does not cause any discomfort in the head of the user. There are the electrodes on the side, bottom, and upper parts of the glasses that will collect the signal from the user. The glasses used in the study are shown in Figure 1.



Figure 1: The glasses used for collecting EOG signals.

In the study, the EOG signals in both axes were taken in real-time with glasses, and the channel was selected with the multiplexer. Then, these signals were amplified with an instrumentation amplifier. The amplified signals were read with the microcontroller, and then the system was calibrated with the first of these signals. The signals were filtered digitally, as there may be noise affecting the system negatively in these signals due to facial movements. The mouse is adequately controlled by using the filtered signals. The block diagram of the study is shown in Figure 2.

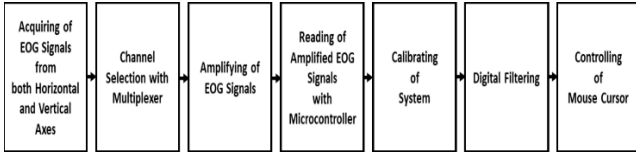


Figure 2: The block diagram of the study.

Since biopotential signals have low amplitude, they must be amplified with proper components and circuits. Therefore, the INA125 instrumentation amplifier was used in the design due to its features, such as simple gain adjustment with a single resistor, low offset voltage, and high common-mode rejection ratio. The internal structure and pin configuration of INA125 are shown in Figure 3 ("INA125 Datasheet," 1998).

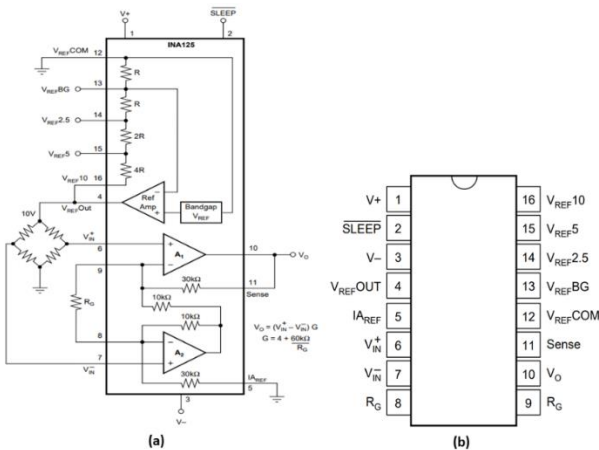


Figure 3: (a) The internal structure and (b) pin configuration of INA125 ("INA125 Datasheet," 1998).

In order to control the mouse cursor, the movements of the eye in both horizontal and vertical axes must be detected. Since a single instrumentation amplifier is used in the study to reduce the cost and device size and create a more stable device, the signals from both axes must be given sequentially to the amplifier input. For this reason, before the signal is amplified, channel selection is made quickly with a multiplexer, and the signal at the output of the multiplexer is given as input to the amplifier. In the system, CD4052BE multiplexer is used for selecting the channel. In this way, the signals acquired from both axes could be transmitted to the instrumentation amplifier quickly without interference. This multiplexer's pinout diagram is shown in Figure 4 ("CD4052BE Datasheet," 2017).

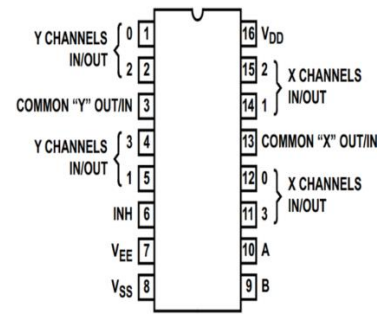


Figure 4: CD4052BE multiplexer pin configuration ("CD4052BE Datasheet," 2017).

While the multiplexer's pins of 14 and 15 were used for the positive terminals of both axes, pins of 2 and 5 were used for the negative terminals of these axes. The pins of 3 and 5 were used as output. Then this output signal was transmitted to the amplifier's input. The critical point is that the EOG signal has a very small amplitude in raw form. Therefore, the circuit will not work as expected when it is given directly to the multiplexer's input. This problem is solved by adding a DC offset to the multiplexer's inputs. The circuit diagram of the system is shown in Figure 5.

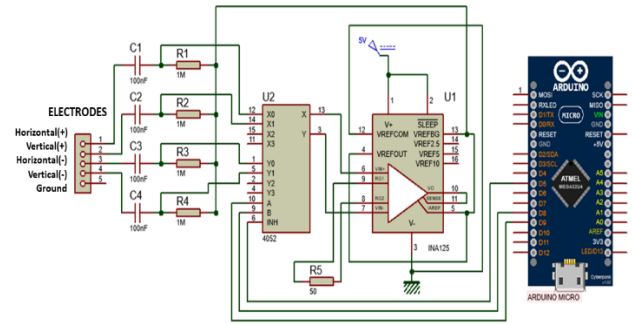


Figure 5: The circuit diagram of the system.

The power supply connections required for the circuit were provided from the power pins on the microcontroller Arduino micro. First, the raw EOG signal is passed through the 100nF capacitor, and so the DC components on it are filtered. Then, DC offset is added to this sign through a 1MΩ resistor, and the level of signal is shifted. This shifted signal is used in the multiplexer. Otherwise, the multiplexer will not work stably at raw EOG signals with small amplitude values. In addition, the negative part of the signal can be obtained without loss by adding a DC offset. Then, the signals for both axes were transferred to the instrumentation amplifier sequentially. These signals were amplified 1204 times by using a 50Ω gain resistor. The gain formula of INA125 is given in Equation 1.

$$G = 4 + \frac{60k}{R_G} \quad (1)$$

where G and R_G represent gain and gain resistor, respectively.

The system is designed in a small size so that it can be easily used portable. The developed system is shown in Figure 6.

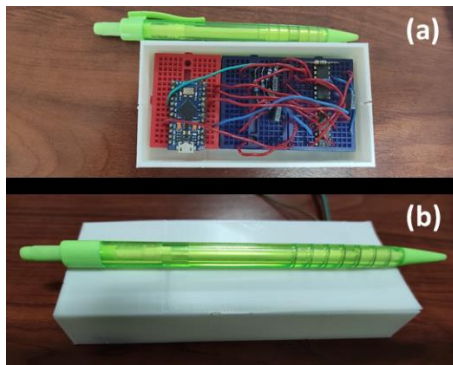


Figure 6: The designed system's (a) internal view and (b) external view.

Firstly, the system is calibrated. For this, when the person looks at the computer screen's middle point, the EOG signals' amplitude values are recorded with the microcontroller. Then, these values are extracted from the acquired EOG signals each time. After this, digital filtering was performed, and the mouse cursor was controlled with this filtered signal on the computer.

In the designed system, Arduino micro is used as a microcontroller. There are several reasons for using Arduino micro. The most important reason is that it has a special library for mouse control effectively. Other reasons are its advantages such as being low cost, small size, etc.

2.2. Electrodes Connections

This study is necessary to detect eye movements in horizontal and vertical axes to control the mouse cursor. For this, special glasses with five Ag/AgCl electrodes, two for horizontal movement, the other two for vertical movement, and one for ground connection, were used. The measurements were performed as bipolar measurements. The electrodes' contact points to the skin are shown in Figure 7.

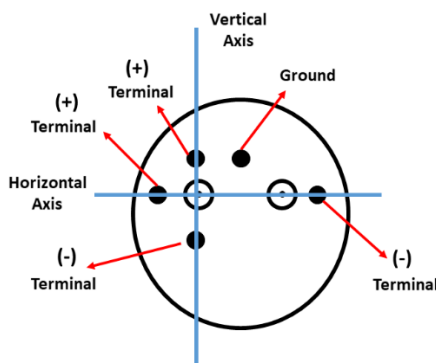


Figure 7: The electrodes' contact points to the skin.

The presence of the electrodes on the glasses without attaching directly to the face provides great ease of use, and so it prevents any discomfort to the person.

2.3. Digital Filtering

The EOG signal is a signal with low amplitude and frequency values. Since the eye is a moving organ, fluctuations are usually seen in the EOG signal due to the vibration movement of the eye, and these fluctuations cause problems in the evaluation of the signal with low amplitude values. Therefore, it is very important to prevent these small amplitude vibration waves in systems using the EOG signal. These

fluctuations were prevented with digital filtering, and the cursor on the computer screen could be adequately controlled.

The biggest problem in digital filtering is the filter's processing load on the system. Therefore, the "leaky-integrator" filter, which does not overload the system and is a very successful method in noise prevention, was preferred in the study. When the filter's structure is examined, this filter is a kind of first-order low-pas filter that integrates the input signal and transfers it to the output according to a certain coefficient. The filter's equation is given in Equation 2.

$$y[n] = (1 - \alpha).y[n - 1] + \alpha.x[n] \quad (2)$$

where x, y, and α represent input signal, output signal, and coefficient, respectively.

The α is less than one, and it can be adjusted according to noise in the signal. According to this coefficient, the input signal is transferred to the output at certain rates, and the noise is prevented in this way. When α is increased, the effect of the input signal increases on the output. In other words, the output signal is more similar to the input signal. In this situation, if the input signal is very noisy, the output signal will become noisy. Therefore, it is important to choose the α value appropriately. In this study, α is 0.85. In this way, both the noises could be prevented and the output signal remained similar to the input signal as the waveform. The raw and filtered EOG signal obtained eye movements on the horizontal axis are shown in Figure 8.

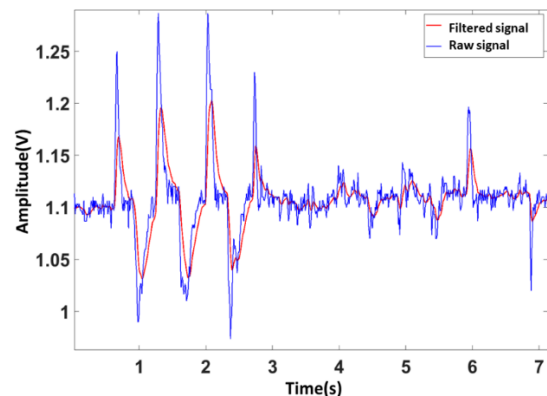


Figure 8: The raw and filtered EOG signal.

When the signals are examined, it is seen that the filter can quite prevent the noise on the input signal without distorting the waveform of the signal. The mouse cursor is controlled with this filtered signal. In addition to this, a threshold level was determined, and the cursor was optimally controlled by evaluating this threshold level. In the study, if the EOG signal has an amplitude value above the upper threshold, the cursor is moved to the right/up, and if it has an amplitude value below the lower threshold value, the cursor is moved to the left/down. In this way, the cursor is easily controlled continuously.

2.4. Software

In this study, embedded software has been developed using C++ for the designed system. Operations such as acquiring the EOG signal, digital filtering, and cursor controlling have been provided with this software. The block diagram of the software is shown in Figure 9.

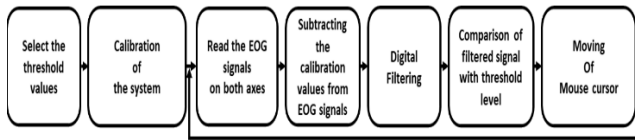


Figure 9: The block diagram of the embedded software.

In the software, firstly, the amplitude threshold levels are determined by considering the EOG signal's amplitude levels for movements in the horizontal and vertical axis. Then, the system is calibrated. After the calibration, the EOG signal is filtered, and it was controlled with threshold values, and the cursor was controlled on a computer. The designed system can operate in a repeatable and stable manner, without any different software, with just glasses. The software's pseudocode is shown in Figure 10.

```

The EOG amplitude in horizontal axis and vertical axis, and the
calibration values of both axes, and threshold values of both axes for
up and down movements are represented with eogH, eogV, calH,
calV, thHu, thHd, thVu, and thVd, respectively. The cursor's moving
distance is represented with md.
1. Start
2. Select md = 20.
3. Read calH.
4. Read calV.
5. Read eogH.
6. Read eogV.
7. Select thHd = 1.08, and thHu = 1.12.
8. Select thVd = 1.08, and thVu = 1.12.
9. eogH = (eogH - calH) * (5.0/1023.0)
10. eogV = (eogV - calV) * (5.0/1023.0)
11. The digital filtering of eogH and eogV.
12. Is the eogH less than thHd?
    1. If yes, move the cursor to the left about md.
    2. If no, do not move the cursor.
13. Is the eogH greater than thHu?
    1. If yes, move the cursor to the right about md.
    2. If no, do not move the cursor.
14. Is the eogV less than thVd?
    1. If yes, move the cursor to the down about md.
    2. If no, do not move the cursor.
15. Is the eogV greater than thVu?
    1. If yes, move the cursor to the up about md.
    2. If no, do not move the cursor.
16. Has the program been stopped?
    1. If yes, continue.
    2. If no, turn to step 5.
17. Stop.

```

Figure 10: The software's pseudocode.

3. Results and Discussion

In this study, a device that provides computer control with EOG and the software required for the operation of this device have been realized. The EOG signals were acquired with the glasses, and then these signals were amplified with the designed circuit. Since there is noise on the EOG signal, digital filtering is used. In this way, the computer was controlled with EOG signals.

When this study compared previous studies in the literature, it has advantages such as low cost, more stable control, and ease to use. Similar studies in the literature have been performed by supporting different signals, such as the EEG signal. However, the cost and complexity of the system increase in these studies. Since the signals used may create and interferences, the software should be more complex for controlling the computer or other systems. In this situation, this software will tire the system as a processing load. As the cursor is controlled with just EOG in this study, an advantage is obtained about processing load compared to other studies using supporting signals.

Unlike other studies, the multiplexer was used in the device's circuit design, so the signals, both horizontal and vertical axes, could be amplified with a single instrumentation amplifier (Triadi, Wijayanto, & Hadiyoso, 2021). Otherwise, at least two amplifiers are required to do this in both axes. In such

design, since additional circuit components such as a resistor, capacitance, etc. having tolerance value use in the circuit, both the cost increases and the negative effect can occur about stability. However, as the performed study is designed with a single instrumentation amplifier, all these problems are eliminated, and a low-cost and more stable device is developed.

Another difference in this study is that digital filtering is used instead of analog filtering. In this way, the advantage is obtained about both cost and stability. If the raw and filtered EOG signal is examined, it is seen that the digital filter prevented noise effect, and the cursor is controlled successfully. The other advantage of the filter used is that its processing load is low. Thus, it has been ensured that the system can control in real-time quickly.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, a low-cost, portable, and user-friendly microcontroller-based system using EOG has been developed that enables people with ALS, stroke, etc. Thus, these people can easily use a computer in their daily lives. With this device, these people can easily control the computer by moving their eyes. In this way, they will not have difficulty adapting to daily life and will easily use a computer almost used in everything in everyday life.

References

- Barea Navarro, R., Boquete Vázquez, L., & López Guillén, E. (2018). Chapter 16 - EOG-based wheelchair control. In P. Diez (Ed.), *Smart Wheelchairs and Brain-Computer Interfaces* (pp. 381-403): Academic Press.
- Bhuyain, M. F., Shawon, M. A. K., Sakib, N., Faruk, T., Islam, M. K., & Salim, K. M. (2019). *Design and Development of an EOG-based System to Control Electric Wheelchair for People Suffering from Quadriplegia or Quadriparesis*. Paper presented at the 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST).
- CD4052BE Datasheet. (2017). Retrieved from <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4052b.pdf?ts=1621181765673>
- Choudhury, S. R., Venkataramanan, S., Nemade, H. B., & Sahambi, J. (2005). Design and development of a novel EOG biopotential amplifier. *IJBEM*, 7(1), 271-274.
- He, S., & Li, Y. (2017). A Single-Channel EOG-Based Speller. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(11), 1978-1987. doi:10.1109/TNSRE.2017.2716109
- He, S., Zhou, Y., Yu, T., Zhang, R., Huang, Q., Chuai, L., . . . Li, Y. (2020). EEG- and EOG-Based Asynchronous Hybrid BCI: A System Integrating a Speller, a Web Browser, an E-Mail Client, and a File Explorer. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(2), 519-530. doi:10.1109/TNSRE.2019.2961309
- Heo, J., Yoon, H., & Park, K. S. (2017). A novel wearable forehead EOG measurement system for human computer interfaces. *Sensors (Switzerland)*, 17(7), 1485.
- Hosni, S. M., Shedeed, H. A., Mabrouk, M. S., & Tolba, M. F. (2019). EEG-EOG based virtual keyboard: Toward hybrid brain computer interface. *Neuroinformatics*, 17(3), 323-341.
- Huang, Q., Chen, Y., Zhang, Z., He, S., Zhang, R., Liu, J., . . . Li, Y. (2019). An EOG-based wheelchair robotic arm system

- for assisting patients with severe spinal cord injuries. *Journal of neural engineering*, 16(2), 026021.
- Huang, Q., He, S., Wang, Q., Gu, Z., Peng, N., Li, K., . . . Li, Y. (2017). An EOG-based human-machine interface for wheelchair control. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65(9), 2023-2032.
- Huang, Q., Zhang, Z., Yu, T., He, S., & Li, Y. (2019). An EEG-/EOG-based hybrid brain-computer interface: application on controlling an integrated wheelchair robotic arm system. *Frontiers in neuroscience*, 13, 1243.
- INA125 Datasheet. (1998). Retrieved from <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf>
- Jialu, G., Ramkumar, S., Emayavaramban, G., Thilagaraj, M., Muneeswaran, V., Rajasekaran, M. P., & Hussein, A. F. (2018). Offline Analysis for Designing Electrooculogram Based Human Computer Interface Control for Paralyzed Patients. *IEEE Access*, 6, 79151-79161. doi:10.1109/ACCESS.2018.2884411
- Kaur, N., Singh, B., & Singh, J. (2017). MOUSE CURSOR CONTROL SYTEM BASED ON SSVEP. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(7).
- Kuo, C.-E., & Chen, G.-T. (2020). A Short-Time Insomnia Detection System Based on Sleep EOG With RCMSE Analysis. *IEEE Access*, 8, 69763-69773.
- Li, T., Yang, J., Bai, D., & Wang, Y. (2018). *A New Directional Intention Identification Approach for Intelligent Wheelchair Based on Fusion of EOG Signal and Eye Movement Signal*. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR).
- Li, Y., He, S., Huang, Q., Gu, Z., & Yu, Z. L. (2018). A EOG-based switch and its application for “start/stop” control of a wheelchair. *Neurocomputing*, 275, 1350-1357. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.09.085>
- Lin, C., King, J., Bharadwaj, P., Chen, C., Gupta, A., Ding, W., & Prasad, M. (2019). EOG-Based Eye Movement Classification and Application on HCI Baseball Game. *IEEE Access*, 7, 96166-96176. doi:10.1109/ACCESS.2019.2927755
- Rahman, M. M., Bhuiyan, M. I. H., & Hassan, A. R. (2018). Sleep stage classification using single-channel EOG. *Computers in Biology and Medicine*, 102, 211-220. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2018.08.022>
- Ramakrishnan, J., Sivasakthivel, R., Akila, T., Retnadhas, M., Uthup, T. T., & Mythily, R. (2021). Electrooculogram-aided intelligent sensing and high-performance communication control system for massive ALS individuals. *The Journal of Supercomputing*, 1-18.
- Teng, G., He, Y., Zhao, H., Liu, D., Xiao, J., & Ramkumar, S. (2020). Design and development of human computer interface using electrooculogram with deep learninG. *Artificial intelligence in medicine*, 102, 101765.
- Triadi, T., Wijayanto, I., & Hadiyoso, S. (2021). Electrooculogram (EOG) based Mouse Cursor Controller Using the Continuous Wavelet Transform and Statistic Features. *Lontar Komputer: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 12(1), 53-61.
- Yang, J.-J., Gang, G. W., & Kim, T. S. (2018). Development of EOG-based human computer interface (HCI) system using piecewise linear approximation (PLA) and support vector regression (SVR). *Electronics*, 7(3), 38.



Çok Etmenli Sistemlerde Bir Dağıtık Denklem Çözüm Algoritmasının Yakınsama Hızı En İyilemesi

Onur Cihan

Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5729-2417),
onur.cihan@marmara.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952456)

ATIF/REFERENCE: Cihan, O. (2021). Çok Etmenli Sistemlerde Bir Dağıtık Denklem Çözüm Algoritmasının Yakınsama Hızı En İyilemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 262-269.

Öz

Bu çalışmada, çok etmenli bir ağ üzerinde tanımlanan ve doğrusal denklem sistemlerini çözmek için önerilen bir algoritmanın yakınsama hızının en iyilenmesi problemi ele alınmıştır. Sistemde bulunan her bir etmen, doğrusal denklem sisteminin yalnızca bir alt kümesini bilmekte; bu yerel denklem bilgisi ve komşu etmenlerin çözüm tahminlerini kullanarak kendi tahminlerini güncellemekte ve denklem sisteminin eşsiz çözümüne ulaşmayı amaçlamaktadırlar. Etmenlerin çözüm hatası dinamikleri bir doğrusal dinamik sistem olarak ifade edilerek yakınsama hızını en iyileme problemi, sistem matrisinin en büyük özdeğerini en küçükleme problemi olacak şekilde formüle edilmiştir. Literatürde yakın zamanda önerilmiş ve metasezgisel bir optimizasyon algoritması olan Aritmetik Optimizasyon Algoritması kullanılarak örnek bir denklem sisteminin en hızlı çözümünü sağlayan tasarım parametreleri belirlenmiştir. Arama ajanı ve yineleme sayılarının elde edilen en iyi hızlı yakınsama değerine etkisini incelemek amacıyla benzetim çalışmaları farklı sayıda arama ajanı ve maksimum yineleme sayısı için tekrarlanmış ve sonuçlar tablo halinde sunulmuştur. Elde edilen en hızlı yakınsamayı sağlayan tasarım parametreleri için etmenlerin çözüm tahminlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: En iyileme, Dağıtık algoritmalar, Çok etmenli sistemler.

Convergence Rate Optimization of a Distributed Algorithm for Solving Linear Equations Over Multi-Agent Networks

Abstract

In this study, we investigate the problem of convergence rate optimization of an algorithm for solving linear equations over multi-agent systems. Each agent in the system is assumed to know only a subset of the linear equation system, and by using its local equation and the solution estimates of the neighboring agents, each agent updates its estimate and aims to compute the unique solution of the linear equation. We express the error dynamics of the agents as a linear dynamical system and relate the convergence speed of the optimization problem as the problem of minimizing the largest eigenvalue of the system matrix. By using a recently proposed metaheuristic optimization algorithm, Arithmetic Optimization Algorithm, the design parameters that provide the fastest solution have been determined. To examine the effect of the numbers of search agents and iterations on the performance of the optimization algorithm, simulation studies were repeated for different numbers of search agents and iterations. The results of the simulations are presented in a table. The evolution of the solution estimates of the agents is given for the design parameters that provide the fastest convergence.

Keywords: Optimization, Distributed Algorithms, Multi-agent systems.

1. Giriş

$Ax = b$ biçiminde temsil edilen bir doğrusal denklem sistemini çözme problemi çok uzun bir geçmişe sahiptir (Wang vd., 2019). Jacobi yöntemi, Gauss-Seidel yöntemi ve Kaczmarz yöntemi (Hackbusch, 1994) gibi birçok klasik algoritma başarıyla geliştirilmiş olup genellikle $Ax = b$ 'yi merkezi bir şekilde çözmek amaçlanmıştır. Bu nedenle bunlara merkezi algoritmalar denir. Bununla birlikte, merkezi algoritmaların $Ax = b$ 'yi çok sayıda bilinmeyen değişkenle çözmesi çok zordur ve bu durum genellikle kısmi türevli diferansiyel denklemler (Krstic ve Smyshlyayev, 2008), hesaplamalı akışkanlar dinamiği (Anderson, 1995), büyük ölçekli doğrusal regresyon (Frank, Fabregat-Traver ve Bientinesi, 2016), elektromanyetizma hesaplamaları (Carpentieri, Duff, Giraud ve Magolu monga Made, 2004), ışık saçılım hesaplamaları (Rahola, 1996), arama motorları için PageRank algoritmaları (Silvestre, Hespanha ve Silvestre, 2018) gibi gerçek dünya problemlerinde ortaya çıkmaktadır. Büyük ölçekli doğrusal denklem sistemlerini içeren bu uygulamalar için, gerekli tüm hesaplamalar tek bir yerde gerçekleştirilmek istendiğinde, yüksek hesaplama kaynağına gereksinim vardır. Öte yandan, büyük ölçekli karmaşık ağ destekli sistemleri içeren uygulamalar için (örneğin, güç sistemleri), merkezi algoritmaların diğer alt sistemlerden denklemler hakkında bilgileri toplaması da gereklidir (Wang, Ren vd., 2018). Bu durumda merkezi algoritmalar, sınırlı bant genişliğinin getirdiği sorunlara çözüm getirmek durumundadır.

Dağıtık algoritmalar, merkezleştirilmiş algoritmaların aksine, çok etmenli bir sistemde çok sayıda bilinmeyen değişkenle $Ax = b$ 'yi çözmeye hesaplama zorluklarının üstesinden gelmek için umut verici ve uygulanabilir bir alternatif sunar. İlk olarak, büyük doğrusal denklem sistemini, genellikle birbirine bağlanan birçok küçük doğrusal alt sisteme ayırırlar. Daha sonra, orijinal doğrusal denklem sisteminin çözümü, bireysel araçların doğrusal alt sistemleri çözmek için koordine edilmesiyle elde edilir. Örneğin, You, Song ve Tempo (2016) 'da gösterildiği gibi, önce $Ax = b$ sistemi satırlara ayrılabilir ve ardından dağıtık bir şekilde çözülebilir. Dağıtık hesaplama ile ağır hesaplama yükü, hesaplama verimliliğine ulaşmak için farklı hesaplama birimleri arasında bölünecek ve dağıtılacaktır. Ağ destekli sistemleri içeren uygulamalar için, doğrusal denklem sistemi genellikle doğal olarak birçok küçük ölçekli doğrusal denklem alt sisteminden oluşur. Bu durumda, doğrusal denklemlerin tek tek alt sistemlerini büyük bir sistemle birleştirmek yerine, ağa bağlı sistemlerin dağıtık doğasını tam olarak kullanmak ve çözümü elde etmek için dağıtık hesaplamayı uygulamak daha mantıklıdır. Bu aynı zamanda alt sistemlerden büyük miktarda bilgi toplamak için iletişim üzerindeki yükü büyük ölçüde azaltacaktır. Örneğin, büyük ölçekli bir güç sisteminde DC güç akışı problemini çözmek için (Stott, Jardim ve Alsac, 2009) bireysel yük veriyollarında hem aktif hem de reaktif gücü ölçmek gerekir. Bu ölçümler aslında güç akış dengesini temsil eden doğrusal denklem sistemi için farklı satırlara katkıda bulunur. Bu durumda, tüm ölçüm verilerinin merkezi bir yere iletilmesini önlemek için dağıtık algoritmaların benimsenmesi daha uygun olabilir. Bunun yanı sıra, literatürde dağıtık çözüm sağlayan algoritmaların kullanılmasının güvenlik ve gizlilik avantajlarının olduğu belirtilmişse bile, bu durumun her zaman geçerli olmadığı konusunda çalışmalar da mevcuttur (Cihan, 2019).

Yukarıda belirtilen birçok avantaj nedeniyle $Ax = b$ 'yi çözmek için dağıtık algoritmaların geliştirilmesi, birçok araştırmacının önemli ilgisini çekmiştir ve son zamanlarda bireysel etmenler arasında bilgi paylaşımı miktarına ilişkin farklı gereksinimlerle birçok yeni algoritma önerilmiştir. Örneğin Pasqualetti, Carli ve Bullo (2012), güç sistemi tahmin problemleri için $Ax = b$ sistemini çözen dağıtık bir algoritma tasarlamıştır. Bu algoritmada, bireysel etmenlerin durum tahminlerinin yanı sıra bazı diğer matris bilgilerinin paylaşılması gerekmektedir. Daha sonra aynı problem için Mou, Liu ve Morse (2015), yalnızca bireysel ajanların durum tahminlerinin paylaşılmasını gerektiren ve Pasqualetti, Carli ve Bullo (2012)'nin geliştirdiği algoritmadan daha gürbüz olan bir dağıtık algoritma geliştirmiştir. Bu çalışmalardan ilham alarak, ayrık zamanlı ve sürekli zamanlı birçok dağıtık algoritma geliştirilmiştir (Anderson vd., 2016; Wang, Fullmer ve Morse, 2016; Wang, Ren ve Duan, 2018). Bu algoritmaların arkasındaki ana fikir, oydışım ilkesidir (Mou vd., 2015). Oydışım ilkesinde, çok etmenli sistemde bulunan her bir etmen komşularının durum değerlerini kullanarak aynı durum değeri üzerinde uzlaşmaya çalışırlar (Cihan ve Akar 2020a, Cihan ve Akar 2020b, Cihan 2020). Etmenler çözüm tahminlerini $Ax = b$ denklemi için çözüm tahminlerini güncellerken yalnızca kendi doğrusal denklem alt sistemlerini sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda komşu etmenlerle çözüm konusunda bir fikir birliğine varmayı amaçlamaktadırlar. Böylece etmenlerin tamamı aynı çözüm üzerinde oydışımı sağlarken, yerel denklemlerin tamamının sağlanması nedeniyle denklem sisteminin çözümüne ulaşmış olurlar.

Dağıtık algoritmaların büyük avantajlarına rağmen, yapılan benzetim çalışmalarında yakınsama hızlarının tatmin edici seviyede olamadıkları bilinmektedir (Cihan, 2019). Denklem sisteminin çözüm hızının artırılması için önerilen algoritmaların katsayılarının yakınsama hızını maksimum olacak şekilde seçilmesi uygun bir yöntemdir. Bu çalışmada, dağıtık denklem sistemlerinin çözümü için literatürde önerilmiş bir algoritmanın parametrelerinin, yakın zamanda önerilmiş bir metasezgisel optimizasyon yöntemi olan Aritmetik Optimizasyon Algoritması (Abualigah vd., 2020) kullanılarak yakınsama hızını maksimum yapacak şekilde belirlenmesi problemi ele alınmıştır.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2'de çok etmenli bir sistemi temsil etmekte kullanılan çizge kuramı hakkında bilgiler verilerek, literatürde doğrusal denklem sistemlerinin çözümünde kullanılmak üzere önerilmiş olan bir algoritma tanıtılmıştır. Bölüm 3'te algoritmanın yakınsama hızının en iyilenmesi için kurulan optimizasyon problemi ve çözümünde kullanılacak olan Aritmetik Optimizasyon Algoritması tanıtılmıştır. Bölüm 4'te örnek bir denklem sistemi ve çok etmenli sistem için en hızlı yakınsamayı sağlayan sistem parametreleri aritmetik optimizasyon algoritması ile belirlenerek benzetim sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve gelecek çalışmalar hakkında bilgiler ise Bölüm 5'te sunulmuştur.

2. Çizge Kuramı ve Matematiksel Formülasyon

Bu bölümde çizge kuramı ve doğrusal denklem sistemlerinin çözümü için kullanılan bir dağıtık algoritmanın matematiksel modeli verilecektir.

2.1. Çizge Kuramı

Çok etmenli bir ağdaki bilgi akışı, yönlendirilmiş bir çizge olan $G = (V, E)$ ile temsil edilir. Burada $V = \{v_1, \dots, v_n\}$, çizgenin köşe kümesi ve $E \subseteq V \times V$, etmenler arası iletişimi temsil eden sonlu bir kenar kümesidir. (v_i, v_j) ile gösterilen bir kenar, v_i 'den v_j 'ye yönlendirilmiş bir bilgi akışını gösterir, yani v_j bir adımda v_i 'den bilgi alabilmektedir. v_i köşesinin komşular kümesi $N_i = \{j | (v_j, v_i) \in E\}$ olarak tanımlanır.

2.2. Matematiksel Formülasyon

$G = (V, E)$ ile temsil edilen ve n etmeden oluşan bir çok etmenli sistemde i . etmen tarafından bilinen denklem sisteminin $A_i x = b_i$ olarak ifade edilebildiği durumda, Morse vd. (2015) tarafından önerilmiş olan ayrık zamanda tanımlanmış aşağıdaki algoritmayı ele alalım.

$$x_i(t+1) = x_i(t) - P_i \left(x_i(t) - \sum_{j \in N_i} w_{ij} x_j(t) \right), \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, n.$$

Burada $x_i(t) \in R^m$ vektörü i . etmenin t . adımdaki çözümünü ifade eder ve her bir etmenler başlangıç koşulunu yerel denklemini sağlayacak şekilde seçer. P_i matrisi, A_i matrisinin sıfır uzayına izdüşüm matrisi olup $P_i = I - A_i^T (A_i A_i^T)^{-1} A_i$ olarak tanımlanır. w_{ij} ağırlıklandırma katsayıları ise algoritmanın tasarım parametreleridir ve aşağıdaki varsayımı sağlar.

Varsayım 1

- i) Eğer $(v_j, v_i) \in E$ ise, $w_{ij} \geq 0$ dır.
- ii) Eğer $(v_j, v_i) \notin E$ ise, $w_{ij} = 0$ dır.
- iii) Her $i \in \{1, \dots, n\}$ için $\sum_{j=1}^n w_{ij} = 1$ dir.

Varsayım 1(i)'ye göre eğer iki etmen arasında bir iletişim mevcutsa çözüm algoritmasında bunun negatif olmayan katsayılarla kullanılması gerektiği, (ii)'ye göre aralarında iletişim olmayan etmenlerin birbirlerinin çözümünü kullanamayacağı belirtilmektedir. Varsayım 1(iii) ile her etmenin kullandığı ağırlık katsayılarının toplamının 1'e eşit olması gerektiği ifade edilmekte olup, algoritmanın kararlılığı için gerekli bir şarttır.

$Ax = b$ şeklinde ifade edilen doğrusal denklem sisteminin bir çözümü x^* ile ifade ediliyor olsun: $Ax^* = b$. Bu durumda, x^* çözümü tüm etmenlerin denklemlerini sağlamalıdır, yani her i için $A_i x^* = b_i$ dir. Ağdaki i . etmenin çözüm hatası vektörü

$$e_i(t) = x_i(t) - x^* \quad (2)$$

olarak ifade edilebilir. Burada her t için $e_i(t) \in \text{null}(A_i)$ dir. Bu nedenle $P_i e_i(t) = e_i(t)$ denklemi yazılabilir. Denklem 1 kullanılarak i . etmenin hata dinamikleri

$$e_i(t+1) = P_i^2 e_i(t) - P_i \left(P_i e_i(t) - \sum_{j \in N_i} w_{ij} P_j e_j(t) \right) \quad (3)$$

ya da daha basit bir şekilde

$$e_i(t+1) = w_{ij} P_i \sum_{j \in N_i} P_j e_j(t) \quad (4)$$

olarak elde edilebilir (Mou v.d., 2015). Tüm etmenlerin hata vektörlerini içeren genişletilmiş hata vektörü $e(t) = [e_1(t)^T, \dots, e_n(t)^T]^T$ olarak tanımlandığında hata dinamikleri matris formunda

$$e(t+1) = P(W \otimes I)P e(t) \quad (5)$$

olarak ifade edilir. Burada $P = \text{diag}\{P_1, \dots, P_n\}$ matrisi A_i 'nin sıfır uzayına izdüşüm matrislerini içeren bir blok köşegen matris ve $W = [w_{ij}]$ ise katsayılar matrisidir. Denklem sisteminin çözülmesi için tüm etmenlerin hata vektörlerinin sıfır vektörüne yakınsaması gerektiği için, Denklem 5 ile ifade edilen doğrusal dinamik sisteminin kararlı olması gerekir. Bu sistemin kararlı olması için $P(W \otimes I)P$ matrisinin tüm özdeğerleri 1'den küçük olmalıdır ve bunun için Varsayım 1'in sağlanması gerekmektedir (Mou v.d., 2015).

3. Yakınsama Hızı Analizi

Bu bölümde doğrusal denklem sistemlerinin çözümü için analiz edilen algoritmanın yakınsama hızının en iyilenmesi konusunda yapılan çalışmalar açıklanmıştır.

3.1. En İyileme Problemi Formülasyonu

Denklem 1 ile verilen ve kararlı olduğu bilinen bir sistemin yakınsama hızı, $P(W \otimes I)P$ matrisinin mutlak değeri en büyük olan özdeğeri ile ilişkilidir. En hızlı yakınsamanın sağlanabilmesi için W matrisinin elemanları tasarım parametreleri olarak uygun şekilde seçilerek $P(W \otimes I)P$ matrisinin en büyük özdeğerini en küçükleyecek bir en iyileme problemi aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$\begin{aligned} \min \quad & \lambda_{\max} (P(W \otimes I)P) \\ \text{kısıtlar} \quad & \sum_{j=1}^n w_{ij} = 1 \quad \text{her } i = 1, \dots, n \text{ için} \\ & w_{ij} = 0 \quad \text{eğer } (v_j, v_i) \notin E \text{ ise} \\ & w_{ij} \geq 0 \quad \text{eğer } (v_j, v_i) \in E \text{ ise} \end{aligned} \quad (6)$$

3.2. Aritmetik Optimizasyon Algoritması

Abualigah v.d. (2020) tarafından geliştirilen Aritmetik Optimizasyon Algoritması (AOA), dört işlem olarak adlandırılan çarpma, bölme, çıkarma ve toplama işlemlerinin dağıtım davranışını kullanan yeni bir metasezgisel yöntemdir. AOA, çok çeşitli arama alanlarında optimizasyon süreçlerini gerçekleştirmek için matematiksel olarak modellenmiştir.

Genel olarak, popülasyon tabanlı algoritmalar en iyileme süreçlerine rastgele oluşturulan bir dizi aday çözümle başlar. Oluşturulan bu çözüm seti, aşamalı olarak bir dizi optimizasyon kuralıyla geliştirilir ve belirli bir hedef işlevi tarafından yinelemeli olarak değerlendirilir. Popülasyon tabanlı algoritmalar, optimizasyon problemlerinin optimal çözümünü stokastik olarak bulmaya çalıştığından, tek seferde bir çözüm elde etmek garanti edilmez. Bununla birlikte, verilen problem için genel en iyi çözümü elde etme olasılığı, yeterli sayıda

rastgele çözüm ve optimizasyon yinelemeleri ile artırılmaktadır (Mirjalili, 2016).

Popülasyon tabanlı optimizasyon yöntemleri arasında yer alan metasezgisel algoritmaların aralarındaki farklılıklara rağmen, optimizasyon süreci iki ana aşamadan oluşmaktadır: keşif ve sömürü. Keşif aşamasında yerel çözümlerden kaçınmak için arama araçlarını kullanarak geniş çaplı bir arama alanını kapsamak hedeflenirken, sömürü aşamasında keşif aşamasında elde edilen çözümlerin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. AOA, optimizasyon problemlerini türevlerini hesaplamadan çözebilen popülasyon tabanlı bir metasezgisel algoritmadır.

3.2.1. Başlatma Aşaması

AOA'da optimizasyon süreci, Denklem 7'de gösterildiği gibi rastgele oluşturulan bir dizi aday çözüm ile başlar ve her yinelemedeki en iyi aday çözüm, şimdiye kadar elde edilen en iyi çözüm veya neredeyse optimum olarak kabul edilir.

$$Y = \begin{bmatrix} y_{1,1} & \dots & \dots & y_{1,j} & y_{1,n-1} & y_{1,n} \\ y_{2,1} & \dots & \dots & y_{2,j} & \dots & y_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{N-1,1} & \dots & \dots & y_{N-1,j} & \dots & y_{N-1,n} \\ y_{N,1} & \dots & \dots & y_{N,j} & y_{N,n-1} & y_{N,n} \end{bmatrix} \quad (7)$$

AOA çalışmaya başlamadan önce, hangi aşamada çalışılacağı belirlenmelidir. Bu amaçla MOA (Math Optimizer Accelerated) katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$MOA(k) = \min + k \left(\frac{\max - \min}{k_{\max}} \right) \quad (8)$$

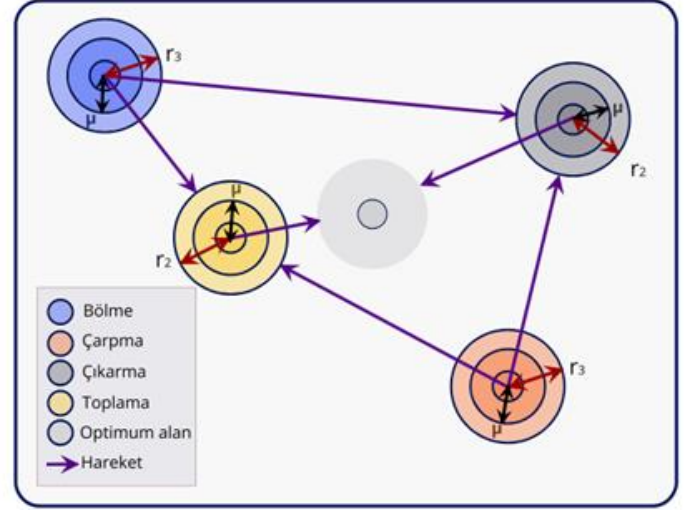
Burada $MOA(k)$ değeri fonksiyonun k . yinelemedeki değerini, k_{\max} maksimum yineleme sayısını ifade etmektedir. \min ve \max değerleri ise sırasıyla fonksiyonun alabilecekleri en büyük ve en küçük değerleri göstermektedir. Mevcut yinelemeyi belirten k ifadesi, 1 ile k_{\max} arasında bir değer almaktadır.

3.2.2. Keşif Aşaması

Aritmetik operatörlerden Bölme (D) ve Çarpma (M) operatörünü içeren matematiksel hesaplamalar, keşif arama mekanizmasına uygun bir şekilde yüksek dağılıma sahip değerler sağlar. Bununla birlikte, Bölme ve Çarpma işlemleri, Çıkarma (S) ve Toplama (A) işlemlerinin aksine, yüksek dağılımlarından dolayı hedefe kolayca yaklaşamazlar. Farklı operatörlerin dağılım değerlerinin etkisini göstermek için dört işlemi de kullanmaya dayalı bir fonksiyon kullanılır. Keşif araştırması, birkaç yinelemeden sonra çıkarılabilecek optimale yakın çözümü tespit eder. Bunun yanında, bölme ve çarpma işlemleri, aralarındaki gelişmiş iletişim yoluyla sömürü aşamasını da destekler.

AOA'nın keşif operatörleri, arama alanını birkaç bölgede rastgele keşfeder ve Denklem 9'da modellenen iki ana arama stratejisine (Bölme (D) ve Çarpma (M) arama stratejileri) dayalı daha iyi bir çözüm bulmaya çalışır. Bu aşamada hangi stratejinin kullanılacağı (Bölme veya Çarpma), Denklem 8'de verilen MOA işlevi ile belirlenir. Şekil 1'de, kullanılan operatörlerin optimum alana nasıl yaklaştığı gösterilmiştir. Bu aşamada, $r_2 < 0.5$ durumunda Bölme operatörü kullanılır ve diğer operatör (Çarpma) bu operatör mevcut görevini bitirene kadar ihmal edilir. $r_2 \geq 0.5$ durumunda ise Çarpma operatörü kullanılacaktır. r_2 her yinelemede 0 ile 1 arasında rastgele seçilen bir sayıdır. Bu

rastsallık, arama alanının farklı bölgelerini keşfedilebilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1. Kullanılan aritmetik operatörlerin optimum alana yaklaşma mekanizması (Abualigah v.d., 2020)

Keşif aşamasında Bölme ve Çarpma operatörlerine göre çözümlerin güncellenme kuralı şu şekildedir:

$$y_{i,j}(k+1) = \begin{cases} \frac{\text{best}(y_j)}{MOP + \epsilon} \cdot ((UB_j - LB_j) \cdot \mu + LB_j) & \text{eğer } r_2 < 0.5 \text{ ise} \\ \text{best}(y_j) \cdot MOP \cdot ((UB_j - LB_j) \cdot \mu + LB_j) & \text{eğer } r_2 \geq 0.5 \text{ ise} \end{cases} \quad (9)$$

Burada $y_{i,j}(k)$, i . çözümün k . yinelemedeki j . konum değerini, $\text{best}(y_j)$ o adıma kadarki elde edilen en iyi çözümün j . konum değerini, UB_j ve LB_j değerleri j . konumun üst ve alt sınırlarını temsil etmektedir. Küçük ve pozitif bir sayı olan ϵ adım boyu olup, μ arama sürecini kontrol eden bir parametredir ve 0.5 olarak seçilmesinin uygun olduğu belirtilmiştir (Abualigah v.d., 2020). Denklem 9'daki MOP (Math Optimizer Probability) bir katsayı olup

$$MOP(k) = 1 - \left(\frac{k}{k_{\max}} \right)^{1/\alpha} \quad (10)$$

olarak tanımlanır. Burada α değeri yinelemeler üzerinden sömürü doğruluğunu tanımlamaktadır ve 5 olarak seçilmesinin uygun olduğu ifade edilmiştir (Abualigah v.d., 2020).

3.2.3. Sömürü Aşaması

Aritmetik operatörlerden Çıkarma'nın (S) veya Toplama'yı (A) içeren matematiksel hesaplamalar, sömürü arama mekanizmasına karşılık gelen yüksek yoğunluklu değerler sağlar. Çıkarma ve Toplama operatörleri diğer operatörlerin aksine, düşük dağılımlarından dolayı hedefe kolayca yaklaşabilirler. Bu nedenle, sömürü araştırması birkaç denemeden (yinelemeden) sonra çıkarılabilecek optimuma yakın çözümü tespit eder ve sömürü operatörleri (S ve A) aralarındaki gelişmiş iletişim yoluyla sömürü aşamasını desteklemek için optimizasyonun bu aşamasında çalıştırılırlar.

Çıkarma ve Toplama işlemlerinin kullanıldığı sömürü araması, r_1 'in mevcut $MOA(k)$ değerinden büyük olmadığı durumda çalıştırılır (Denklem 11). AOA'da, sömürü operatörleri

(S ve A) arama alanını birkaç yoğun bölgede aşağıdaki denklemde modellendiği gibi derinlemesine araştırır.

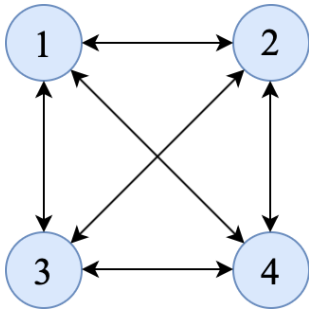
$$y_{i,j}(k+1) = \begin{cases} best(y_j) - MOP \times ((UB_j - LB_j) \times \mu + LB_j), r_3 < 0.5 \text{ ise} \\ best(y_j) + MOP \times ((UB_j - LB_j) \times \mu + LB_j), r_3 \geq 0.5 \text{ ise} \end{cases} \quad (11)$$

Bu aşama, derin bir arama yaparak arama uzayını sömürür. Bu aşamadaki Çıkarma operatörü, (Denklem 11 'deki ilk kural), $r_3 < 0.5$ durumunda çalışır ve Toplama operatörü bu operatör mevcut görevini bitirene kadar ihmal edilir. Aksi takdirde, Çıkarma yerine mevcut görevi gerçekleştirmek için Toplama devreye girecektir. Bu aşamadaki bu prosedürler, önceki aşamanın bölümlerine benzemektedir. Ancak, sömürü operatörleri (Çıkarma ve Toplama) genellikle yerel arama alanında sıkışıp kalmaktan kaçınmaya çalışır. Bu prosedür, keşif arama stratejilerine en uygun çözümü bulmada ve aday çözümlerin çeşitliliğini korumada yardımcı olur. Keşfi yalnızca ilk yinelemelerde değil, son yinelemelerde de sürdürmek için her yinelemede μ parametresi rastsal bir değere sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Özellikle son yinelemelerde aramanın bu kısmı, yerel optimal durgunluk durumunda çok faydalıdır.

Şekil 1, bir arama çözümünün konumlarını iki boyutlu bir arama uzayında Bölme (D), Çarpma (M), Çıkarma (S) ve Toplama (A)'ya göre nasıl güncellediğini açıklamaktadır. Nihai elde edilen pozisyonun, arama kapsamındaki D, M, S ve A pozisyonları tarafından belirlenen bir aralık dahilinde stokastik bir pozisyonda olabileceği görülebilir. Sonuç olarak D, M, S ve A, optimuma yakın çözümün konumunu tahmin eder ve diğer çözümler optimuma yakın çözüm bölge etrafındaki konumlarını stokastik olarak günceller.

4. Benzetim Çalışmaları

Şekil 2'de verilen ve 4 etmeden oluşan bir ağı ele alalım.



Şekil 2. Dört etmeden oluşan tam bağlı bir ağ

Bu ağda aşağıdaki denklem sisteminin dağıtık çözümü elde edilmek isteniyor olsun.

$$\begin{cases} 3x_1 + 7x_2 + x_3 + 7x_4 = 48 \\ -9x_1 + 10x_2 + 5x_3 - 2x_4 = 18 \\ 3x_1 - 5x_3 - 7x_4 = -40 \\ 10x_1 - 4x_2 + x_3 = 5 \end{cases} \quad (12)$$

Sistemdeki i . etmenin ($i = 1, 2, 3, 4$), Denklem 12'deki i . denklemi bildiğini durumda, etmenlerin Denklem 1'de verilen algoritmalarda kullanacakları P_i matrisleri

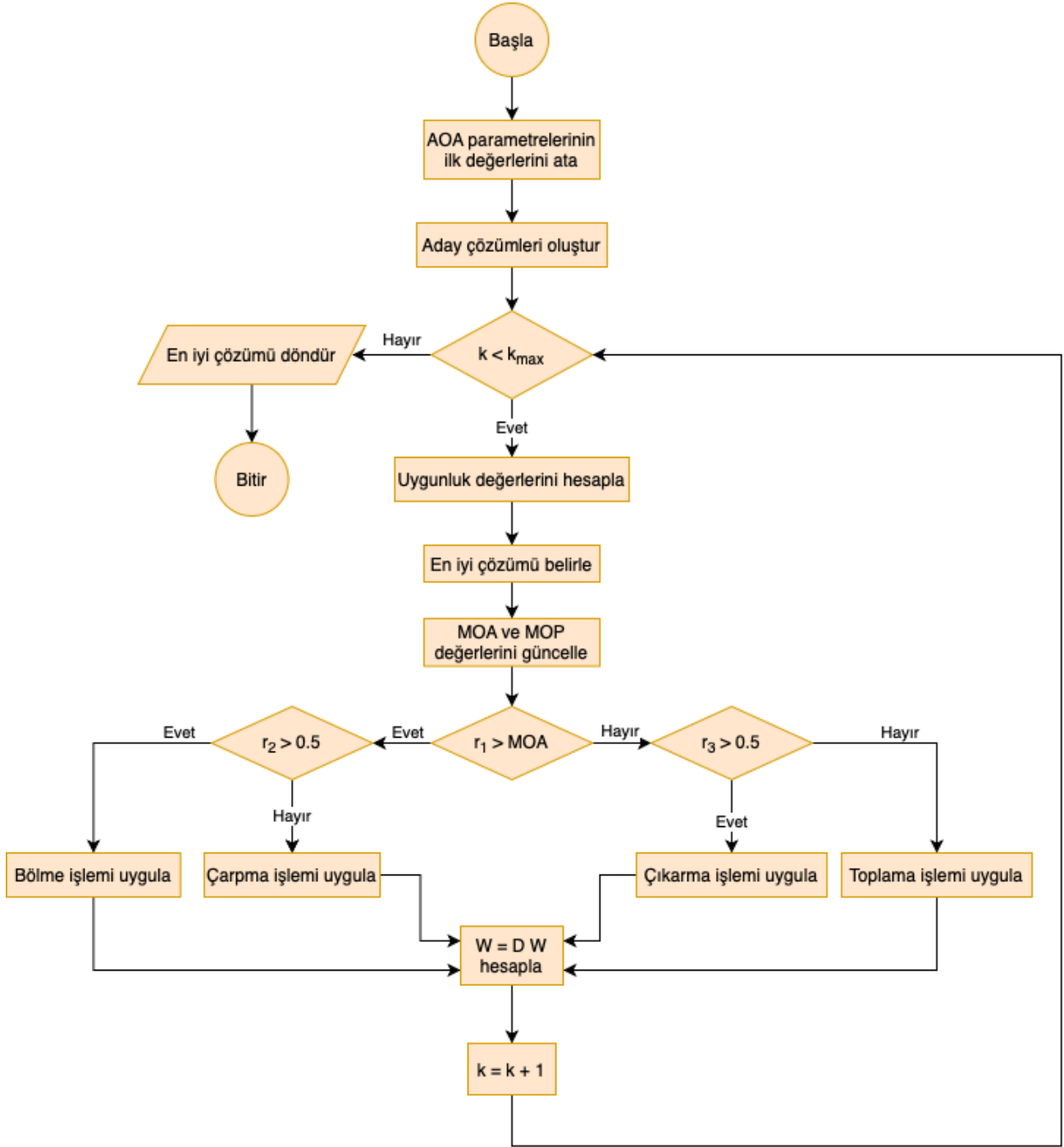
$$\begin{aligned} P_1 &= \begin{bmatrix} 11/12 & -7/36 & -1/36 & -7/36 \\ -7/36 & 59/108 & -7/108 & -49/108 \\ -1/36 & -7/108 & 107/108 & -7/108 \\ -7/36 & -49/108 & -7/108 & 59/108 \end{bmatrix} \\ P_2 &= \begin{bmatrix} 43/70 & 3/7 & 3/14 & -3/35 \\ 3/7 & 11/21 & -5/21 & 2/21 \\ 3/14 & -5/21 & 37/42 & 1/21 \\ -3/35 & 2/21 & 1/21 & 103/105 \end{bmatrix} \\ P_3 &= \begin{bmatrix} 74/83 & 0 & 15/83 & 21/83 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 15/83 & 0 & 58/83 & -35/83 \\ 21/83 & 0 & -35/83 & 34/83 \end{bmatrix} \\ P_4 &= \begin{bmatrix} 17/117 & 40/117 & -10/117 & 0 \\ 40/117 & 101/117 & 4/117 & 0 \\ -10/117 & 4/117 & 116/117 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (13)$$

olarak hesaplanır. Etmenlerin denklem sistemini en hızlı şekilde çözebilmeleri için Denklem 6'da formülasyonu verilen optimizasyon probleminin çözümü bulunmalıdır. Bu amaçla, Şekil 3'te akış diyagramı verilen Aritmetik Optimizasyon Algoritması kullanılarak w_{ij} ağırlıklandırma katsayıları belirlenecektir. Optimizasyon algoritmasının bulacağı w_{ij} katsayılarının Varsayım 1(i) ve (ii)'nin sağlanmasını garanti etmek için alt limitler 0 ve üst limitler 1 olarak belirlenmiş olup, her yinelemenin sonunda elde edilen katsayılar matrisi $W = [w_{ij}]$ soldan

$$D = \text{diag}(W1)^{-1} \quad (14)$$

ile çarpılarak Varsayım 1(iii) sağlanmaktadır. Burada $\mathbf{1}$, tüm elemanları 1'den oluşan bir sütun vektördür.

Aritmetik Optimizasyon Algoritmasının arama ajanı ve yineleme sayısının algoritmanın performansına etkisini incelemek amacıyla, optimizasyon algoritması probleminin çözümü 4 farklı senaryo için yirmişer kere çalıştırılmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere arama ajanı sayısı ve yineleme sayısı arttıkça, elde edilen ortalama λ_{max}^* değerleri artmıştır ancak en iyi λ_{max}^* değerleri değişmemiştir. Bunun nedeni, aritmetik optimizasyon algoritmasının keşif aşamasında arama uzayının çok farklı alanlarının keşfedilmesini sağlaması ve en iyi çözüme düşük ajanı sayısı ile bile kısa sürede ulaşabilmesidir.



Şekil 3. Aritmetik Optimizasyon Algoritması'nın akış diyagramı

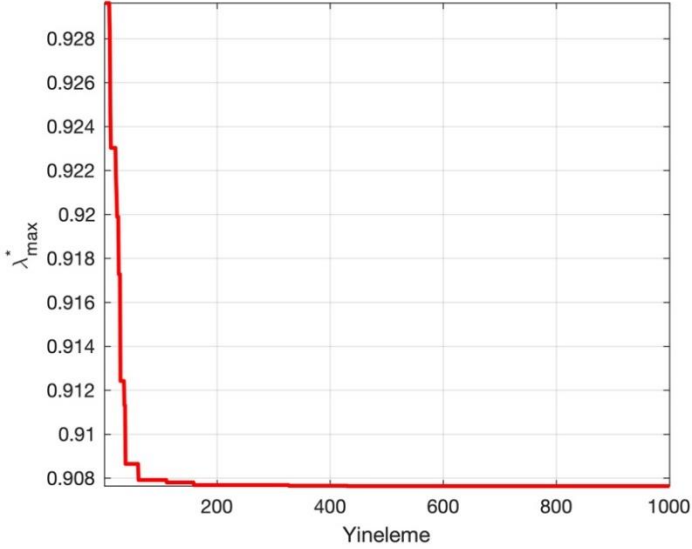
Tablo 1. Arama Ajanı ve Yineleme Sayısının Aritmetik Optimizasyon Algoritmasının Performansına Etkisi

Ölçüt	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
	Arama Ajanı: 25 Yineleme: 500	Arama Ajanı: 25 Yineleme: 1000	Arama Ajanı: 25 Yineleme: 2000	Arama Ajanı: 50 Yineleme: 500	Arama Ajanı: 50 Yineleme: 1000	Arama Ajanı: 50 Yineleme: 2000
En iyi λ_{max}^*	0.9076	0.9076	0.9076	0.9076	0.9076	0.9076
Ortalama λ_{max}^*	0.9092	0.9086	0.9084	0.9087	0.9081	0.9080
En kötü λ_{max}^*	0.9122	0.9122	0.9122	0.9123	0.9124	0.9122
Standart sapma	0.0021	0.0017	0.0016	0.0018	0.0011	0.0011

Yapılan tüm optimizasyon çalışmalarından elde edilen en iyi sonucu sağlayan katsayılar matrisi 25 arama ajanı ve 1000 yineleme senaryosu için

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.1187 & 0 & 0.5004 & 0.3809 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

olarak bulunmuş olup, yinelemeye bağlı olarak λ_{max}^* değerinin değişimi Şekil 4'teki gibidir.

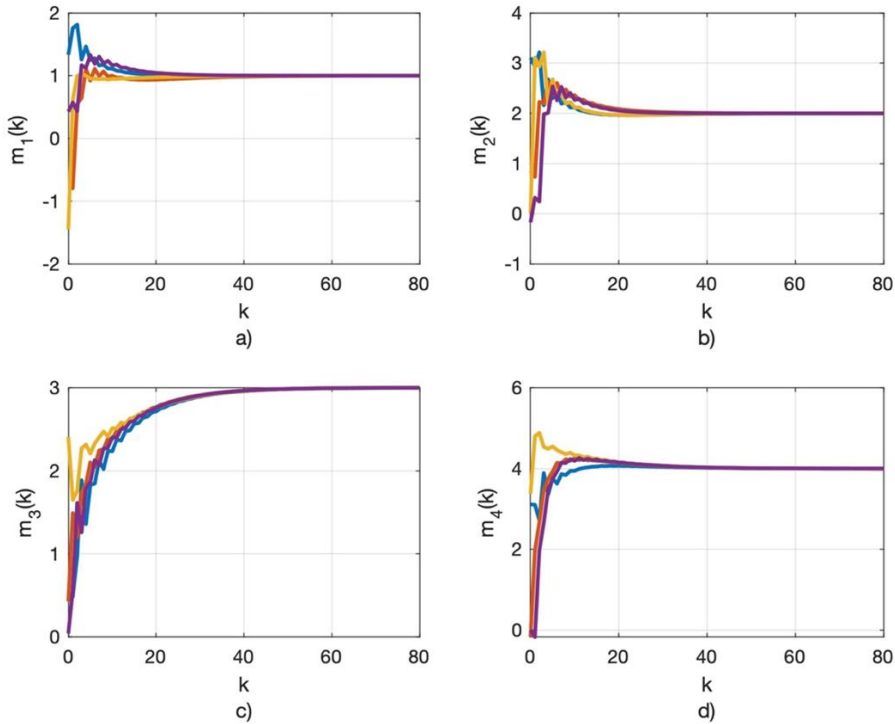


Şekil 4. Aritmetik Optimizasyon Algoritması'nın bulduğu λ_{max}^* değerinin yinelemeye bağlı değişimi

Denklem 15'teki katsayılar matrisi kullanılarak Denklem 12'de verilen doğrusal denklem sistem Şekil 2'de verilen çok etmenli ağ üzerinde Denklem 1 algoritması kullanılarak çözüldüğünde, etmenlerin doğrusal denklem sisteminin eşsiz çözümü olan $x^* = [1, 2, 3, 4]^T$ 'e yakınsaması Şekil 5'te gösterilmiştir.

5. Sonuç

Bu çalışmada bir doğrusal denklem sistemini çok etmenli sistemler üzerinde dağıtık olarak çözmek için önerilmiş olan bir algoritmanın yakınsama hızının en iyilenmesi problemi ele alınmıştır. Doğrusal denklem sisteminin yalnızca bir alt kümesinin sistemdeki etmenler tarafından bilindiği durumda; etmenlerin yerel denklem bilgilerinin yanısıra komşu etmenlerin çözüm tahminlerini de kullanarak kendi tahminlerini güncelleyebilmekte ve denklem sisteminin eşsiz çözümüne ulaşmaya çalışmaktadırlar. Çözüm hatası dinamikleri bir doğrusal dinamik sistem olarak formüle edildiğinde, algoritmanın yakınsama hızını en iyilemek amacıyla sistem matrisinin en büyük özdeğerini en küçükleme gerekmektedir ve bu amaçla literatürde yakın zamanda önerilmiş bir metasezgisel optimizasyon algoritması olan Aritmetik Optimizasyon Algoritması kullanılmıştır. Benzetim çalışmalarında örnek bir denklem sistemi ele alınmış ve bu denklem sisteminin dağıtık olarak hızlı çözümünü sağlayan tasarım parametreleri belirlenmiştir. Benzetim çalışmaları farklı sayıda arama ajanı ve maksimum yineleme sayısı için tekrarlanarak arama ajanı ve yineleme sayılarının elde edilen en iyi hızlı yakınsama değerine etkisi incelenmiştir. En hızlı yakınsamayı sağlayan tasarım parametreleri kullanılarak denklem sisteminin çok etmenli sistem üzerindeki çözümünün zamana bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 5. Etmenlerin doğrusal denklem sisteminin çözüm tahmininin değişimi: a) 1. bilinmeyen, b) 2. bilinmeyen, c) 3. bilinmeyen d) 4. bilinmeyen

6. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK Proje No: 117E204 tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- Abualigah, L., Diabat, A., Mirjalili, S., Abd Elaziz, M., & Gandomi, A. H. (2021). The Arithmetic Optimization Algorithm. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 376, 113609.
- Anderson, J. (1995). *Computational fluid dynamics: The basics with applications*. Mc- Graw-Hill Education.
- Anderson, B.D.O., Mou, S., Morse, A., & Helmke, U. (2016). Decentralized gradient algorithm for solution of a linear equation. *Numerical Algebra, Control and Optimization*, 6(3), 319-328.
- Carpentieri, B., Duff, I. S., Giraud, L., & Magolu monga Made, M. (2004). Sparse symmetric preconditioners for dense linear systems in electromagnetism. *Numerical Linear Algebra with Applications*, 11(89), 753-771.
- Cihan, O. (2019). Rapid Solution of Linear Equations with Distributed Algorithms over Networks. *IFAC-PapersOnLine*, 52(25), 467-471.
- Cihan, O. (2020). Topology Design for Group Consensus in Directed Multi-Agent Systems, *Kybernetika*, 56(3), 578-597.
- Cihan, O., & Akar, M. (2020a). Multi-consensus of second-order agents in discrete-time directed networks. *International Journal of Systems Science*, 51(10), 1847-1861.
- Cihan, O., & Akar, M. (2020b). Necessary and Sufficient Conditions for Group Consensus of Agents With Third-Order Dynamics in Directed Networks. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 142(4).
- Frank, A., Fabregat-Traver, D., & Bientinesi, P. (2016). Large-scale linear regression: Development of high-performance routines. *Applied Mathematics and Computation*, 275, 411-421.
- Hackbusch, W. (1994). *Iterative solution of large sparse systems of equations: Vol. 95*. Springer.
- Krstic, M., & Smyshlyaev, A. (2008). *Boundary control of PDEs: A course on backstepping designs: Vol. 16*. SIAM.
- Mirjalili, S. (2016). SCA: A Sine Cosine Algorithm for solving optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 96, 120-133.
- Mou, S., Liu, J., & Morse, A. S. (2015). A Distributed Algorithm for Solving a Linear Algebraic Equation. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 60(11), 2863-2878.
- Pasqualetti, F., Carli, R., & Bullo, F. (2012). Distributed estimation via iterative projections with application to power network monitoring. *Automatica*, 48(5), 747-758.
- Rahola, J. (1996). Solution of dense systems of linear equations in the discrete-dipole approximation. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 17(1), 78-89.
- Silvestre, D., Hespanha, J., & Silvestre, C. (2018). A pagerank algorithm based on asynchronous Gauss-Seidel iterations. In 2018 annual American control conference (pp. 484-489).
- Stott, B., Jardim, J., & Alsac, O. (2009). DC power flow revisited. *IEEE Transactions on Power Systems*, 24(3), 1290-1300.
- Wang, L., Fullmer, D., & Morse, A. S. (2016). A distributed algorithm with an arbitrary initialization for solving a linear algebraic equation. In 2016 American control conference (pp. 1078-1081).
- Wang, P., Lin, P., Ren, W., & Song, Y. (2018). Distributed subgradient-based multiagent optimization with more general step sizes. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 63(7), 2295-2302.
- Wang, P., Mou, S., Lian, J., & Ren, W. (2019). Solving a system of linear equations: From centralized to distributed algorithms. *Annual Reviews in Control*, 47, 306-322.
- Wang, P., Ren, W., & Duan, Z. (2019). Distributed Algorithm to Solve a System of Linear Equations With Unique or Multiple Solutions From Arbitrary Initializations. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 6(1), 82-93.
- You, K., Song, S., & Tempo, R. (2016). A networked parallel algorithm for solving linear algebraic equations. In 2016 IEEE 55th conference on decision and control (pp. 1727-1732).



Mechanical and Microstructural Properties of Ti-V-Al High Temperature Shape Memory Alloy

Semra Ergen^{1*}

Gaziosmanpasa University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, Tokat, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5515-0933), semraergengop@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.953551)

ATIF/REFERENCE: Ergen, S. (2021). Mechanical and Microstructural Properties of Ti-V-Al High Temperature Shape Memory Alloy. European Journal of Science and Technology, (26), 270-275.

Abstract

The phase transformation, microstructural and mechanical properties of Ti-15V-2Al high temperature shape memory alloy produced with arc-melting method were investigated by DSC, XRD, SEM and high temperature micro-indenter system. The reverse martensitic transformation A_s starting and A_f finishing temperatures of alloy were obtained to be 195 °C and 285 °C, respectively. In high temperature microindentation analysis, the alloy were subjected to indentation tests under 5000 mN load for three different temperatures (24 °C, 250 °C and 450 °C). The hardness and reduced elastic modulus values of the alloy at room temperature (24 °C), that is, martensite structure, were found to be higher than the values at 450 °C, that is, austenite structure. The effect of temperature on superelasticity was examined and it was found that the superelasticity value of the alloy was higher at 450 °C compared to its value at 24 °C.

Keywords: Shape Memory Alloys, High Temperature, Mechanical Properties, Ti-Based Alloys, Superelasticity

Ti-V-Al Yüksek Sıcaklık Şekil Hafızalı Alaşımın Mekaniksel ve Mikroyapısal Özellikleri

Öz

Ark eritme yöntemiyle üretilen Ti-15V-2Al yüksek sıcaklıklı şekil hafızalı alaşımın faz dönüşümü, mikroyapısal ve mekaniksel özellikleri DSC, XRD, SEM ve yüksek sıcaklık mikro çentme sistemi ile incelenmiştir. Alaşımın ters martensitik dönüşüm A_s başlangıç ve A_f bitiş sıcaklıkları sırasıyla 195 °C ve 285 °C olarak elde edilmiştir. Yüksek sıcaklık mikro çentme analizlerinde, alaşım üç farklı sıcaklıkta (24°C, 250 °C ve 450 °C) 5000 mN yük altında çentik testlerine tabi tutulmuştur. Alaşımın oda sıcaklığında (24 °C) yani martensit yapısındaki sertlik ve elastik modül değerlerinin, 450 °C'deki yani östenit yapısındaki değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın süperelastisiteye etkisi incelenmiş ve alaşımın 450 °C'deki süperelastisite değerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Şekil Hafızalı Alaşım, Yüksek Sıcaklık, Mekaniksel Özellikler, Ti-Temelli Alaşım, Süperelastisite

* Corresponding Author: semraergengop@gmail.com; semra.ergen@gop.edu.tr

1. Introduction

Shape memory alloys are a class of materials that increases rapidly the area of use at the world with progress of technology. It has a wide range of applications from textiles to healthcare, from the automotive industry to the defense industry and from medicine to the aerospace science industry [1-3]. The importance of shape memory alloys (SMA) or other name super-alloys, especially in the aerospace industry, has been rapidly increasing in recent years [4]. The shape memory alloys to be used in the aerospace industry needs to have high transformation temperatures. Alloys with transformation temperatures above 100 °C are known as high-temperature shape memory alloys [5]. Nowadays, shape memory alloys used for commercial purposes are mostly Ni-Ti, Cu and Al based alloy groups [6-9] and the transformation temperatures that activate the memory property of these alloys are generally below 100 °C [10-12].

In the aerospace industry, lightness as well as high transformation temperatures are also very important. The lightness of the materials to be used in aircraft and space vehicles will primarily provide fuel savings. In this context, it is important to produce and develop materials that have both light and high transformation temperature in the aerospace industry.

The transformation temperatures of Ti-V-Al alloys, whose densities are almost that of pure Ti (4.5 g / cm³), are above 100 °C. Therefore, it is a suitable material for use in aircraft engine. Because of their working environment, they will be exposed to both high temperature and many times deformations, so the mechanical properties at high temperatures of these alloys should be known. However, there are few studies on the mechanical properties of Ti-V-Al shape memory alloys at high temperatures under the indentation stress. As far as we know, there is no study other from our previous studies [13,14]. In the literature, the mechanical properties of Ti-based alloys have been investigated either at room temperature (RT) or their properties under tensile stress have been investigated by tensile test [15].

Dynamic micro-indenter technique is an analysis method used to determine the mechanical properties of materials [16]. The mechanical properties of Ti-V-Al alloy at RT (martensite), 250 °C (martensite + austenite) and 450 °C (austenite) can be determined by this analysis technique which can reach to high temperature.

In the present study, it was aimed to determine the mechanical properties (hardness and elastic modulus) and superelasticity at high temperatures (250 °C ve 450 °C) of the Ti-15V-2Al shape memory alloy, which were designed for use in aircraft engine parts in the aerospace industry. From the microindentation analysis, it was determined that while the hardness and elastic modulus values were higher at 24 °C for Ti-15V-2Al, it showed better superelasticity at 450 °C.

2. Material and Method

The Ti-15V-2Al (wt. %) alloy was produced by arc-melting system under argon atmosphere in water-cooled copper crucible. In the sample production, pure Titanium, Vanadium and Aluminum (99.9%, 99.99% and 99.99% respectively) were used. The alloy was melted at least four times to ensure homogenization. The arc-melted alloy was cut in plate form in the cutting device for analyses. Leaf-shaped ingots were sealed into a quartz tube under vacuum. After homogenizing at 900 °C for 8 hours, rapid cooling was do by dropping into ice water. The

DSC analyzes were performed to determine transformation temperatures. The microstructure of alloy with scanning electron microscopy (SEM) was examined. The crystal structure was determined by X-ray diffraction (XRD) analysis. The mechanical analyzes were performed at RT, 250 °C and 450 °C with high temperature micro-indenter device.

3. Results and Discussion

The XRD graph of the Ti-15V-2Al alloy at RT is given in the Figure 1. From the diffraction pattern, it was observed that the alloy has an orthorhombic α'' martensite phase and some β -phase remained unchanged in the structure.

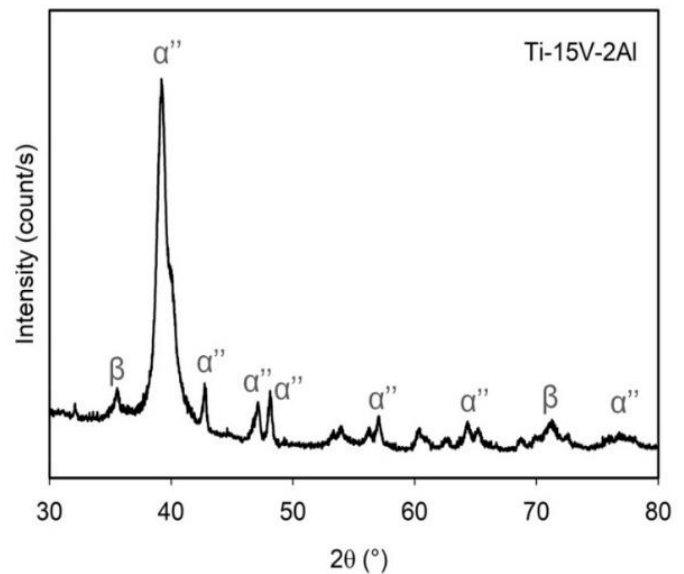


Fig 1. The XRD of the Ti-15V-2Al alloy

Figure 2 (a) shows the DSC curve of the Ti-15V-2Al alloy at a heating-cooling rate of 20 °C/min. During heating, the endothermic peak in the DSC curve represents the transition from an orthorhombic structure to a cubic structure, ie a reverse martensitic transformation. Reverse martensitic transformation temperatures were measured by tangent method according to DSC curves. The reverse martensitic transformation A_s starting and A_f finishing temperatures of alloy are 195 °C and 285 °C, respectively (Table 1).

In the DSC analyzes of Ti-15V-2Al alloy, while reverse martensitic transformation, endothermic peak, was observed during heating, exothermic peak representing martensitic transformation was not observed during cooling. This is attributed to the partial transformation of the β phase to the α'' phase, to the fact that some β phase remains unchanged in the structure or the DSC cannot be detected due to the low level of enthalpy of the transformation [17-20].

Figure 2(b) shows the thermal cycle analysis for the Ti-15V-2Al alloy at 20 °C/min heating and cooling rate. As seen from the graph, there was no important change was observed in the reverse martensitic transformation temperatures as the cycle number increased which means that the transformation is stable.

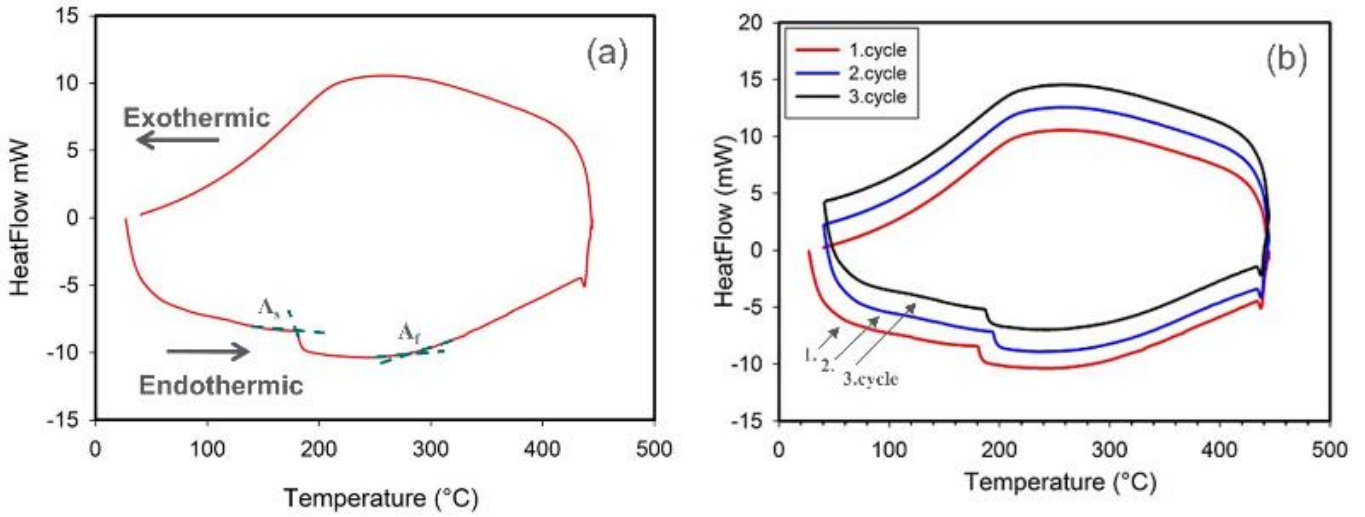


Fig 2. a) The DSC curve and b) The cycle analysis of Ti-15V-2Al alloy at heating-cooling rate 20 °C/min

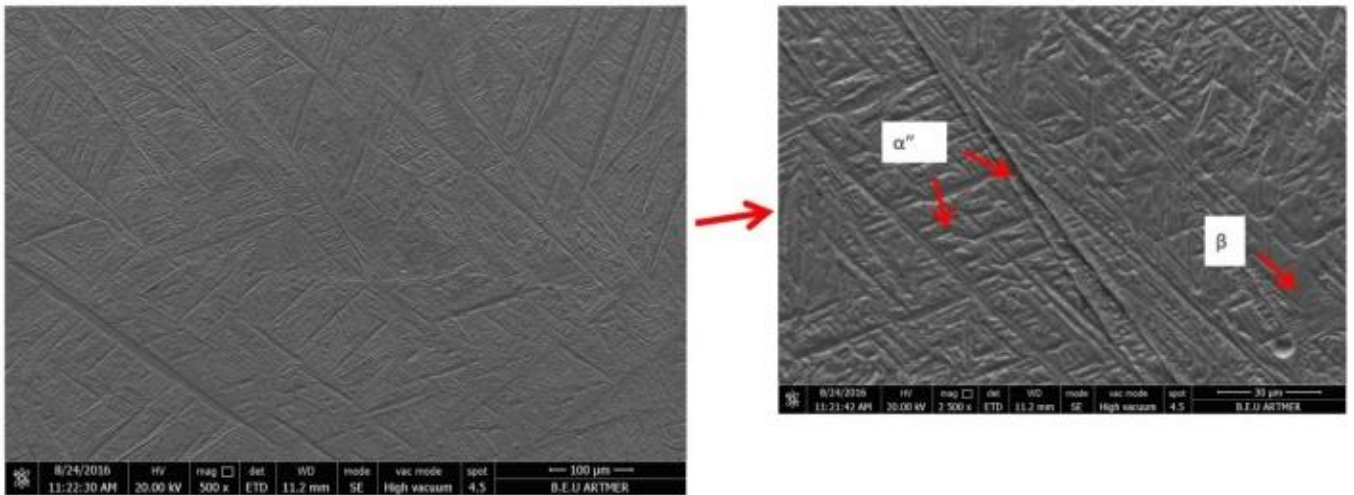


Fig. 3. SEM photographs of the Ti-15V-2Al alloy at 500 and 2500 magnification

Table 1. The transformation temperatures with the number of cycles at heating-cooling rate of 20 °C/min

Heating Rate (°C/min)	Cycle Number	As (°C)	Af (°C)
20	1	195	285
	2	198	290
	3	196	288

Table 2. The reduced elastic modulus and hardness values of the alloy at three different temperatures

Sample	Temperature (°C)	Hardness (GPa)	Reduced Elastic Modulus (GPa)
Ti-15V-2Al	24	5.94	121.8
	250	3.27	37.6
	450	4.51	59.5

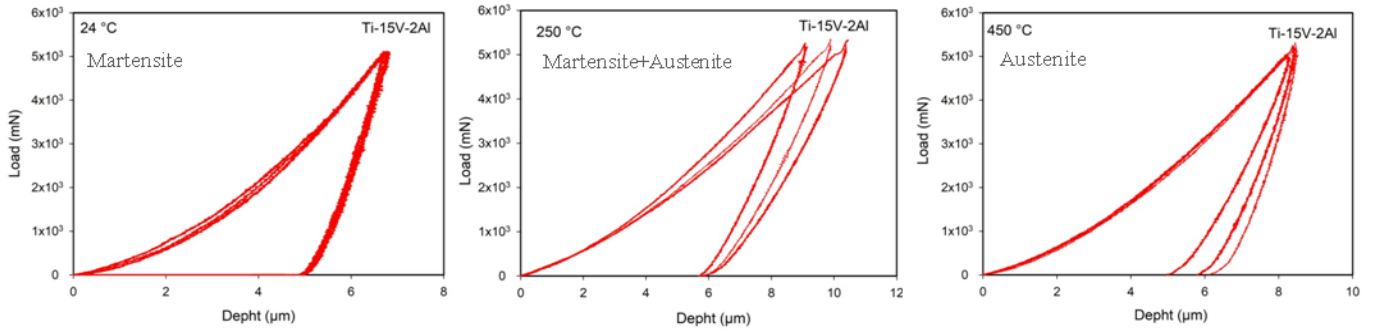


Fig. 4. Load-Unload curves of the alloy at 24 °C, 250 °C and 450 °C

Figure 3 shows SEM photographs of the alloy at 500 and 2500 magnification. In the microstructure of the alloy, it is seen that it contains β phase as well as α'' martensite phase. This result is in agreement with XRD analyzes. The acicular martensite structures and β phase are indicated by arrows in Figure 3. In the microstructure analysis, it was determined that the alloy did not have a completely α'' martensite structure at room temperature and that some β phase remained unchanged in the structure.

Figure 4 shows the load-unload (LU) curves of the alloy. To determine the mechanical properties of the alloy, LU analysis were performed at temperatures RT, 250 °C and 450 °C. The overlap of the LU curves means that the microstructure is homogeneous [21,22]. The LU curves of the alloy at RT and 450 °C appear to overlap almost. However, there is no overlap in LU analysis at 250 °C. The alloy consists of martensite twinning at RT and β phase at 450 °C. At 250 °C, it has two different phases. At each LU analysis, indent corresponds to a different phase (martensite or austenite) so the curves do not overlap.

The Figure 5 (a) shows change with temperature of the reduced elastic modulus and hardness values obtained from the LU curves for the Ti-15V-2Al alloy. Table 2 gives the reduced elastic modulus and hardness values of alloy. As seen in Figure 5(b), these values are higher at room temperature (martensite) than at 450 °C (austenite). This means that the martensite phase, also known as the low temperature phase, is harder than the austenite phase; ie high temperature phase.

Hardness is a measure of the resistance of the material against deformation. The reason of the higher hardness value in the martensite structure can be explained by the deformation-preventing effects of the twinning forming the martensite structure. It was detected that the elastic modulus values and hardness of the Ti-12V-4Al alloy obtained in our previous study were similar to those of the Ti-15V-2Al alloy for both phase structures [14].

On the contrary, when compared with the Ti-15V-4Al-0.5Cu alloy, it was determined that the hardness and elastic modulus value at 450 °C were much lower than the present study [13].

In Figure 5 (b), the variation of superelasticity values (η_{SE}) calculated from the equation 1 depending on temperature is given [23]. The SE represents superelasticity of alloy and h_c , h_f , h_{max} are contact depth maximum depth, final depth, respectively. The superelasticity of the alloy, which has an austenite phase at 450 °C, is higher than the martensite structure at 24 °C. This is associated with the formation or reorientation of martensite twin structures and it is explained as follows.

The alloy contains martensite at 24 °C and some austenite. Stress induced martensite plates may form in the austenite when the load is applied. When the load is removed, the recycling of these martensite structures is prevented by the existing martensites and the stress value required for recycling increases. A higher stress value causes a decrease in superelasticity [4, 24].

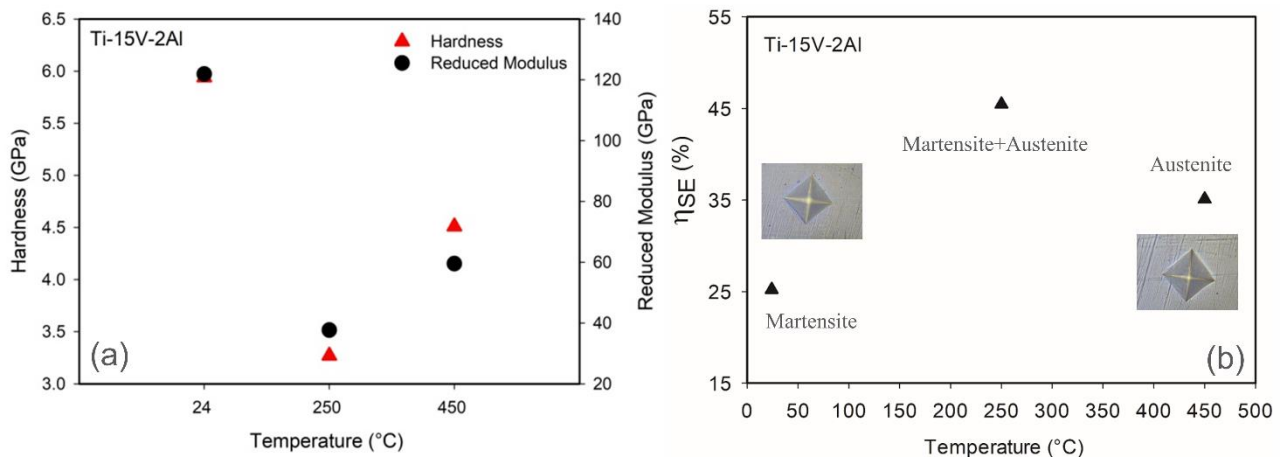


Fig. 5. a) Hardness and reduced elastic modulus and b) Superelasticity values depending on temperature

At 450 °C, the alloy has the austenite phase and stress induced martensite formed under stress are more easily recycled when the applied force is removed and thus superelasticity is increased.

$$\eta_{SE} = \frac{hc - hf}{hm} \times 100 \quad (1)$$

Since the alloy does not complete the austenite transformation at 250 °C, both austenite and martensite phases are present in the structure. Superelasticity varies in relation to the martensite and austenite volume fraction formed in the structure.

But we do not have information about the volume fraction of the both phases at 250 °C. Therefore, change in superelasticity value calculated at 250 °C cannot be explained in detail. For a more detailed study, simultaneous TEM analyzes under stress are required, which can be do in rare centers all over the world. The optical photographs given in Figure 5 (b) belong to the traces formed in the structure after indentation at 24 °C and 450 °C. The traces appears rectangular shape due to the tip geometry with the Vickers indentation. Superelasticity values were found to be better than the results obtained in our other studies for both martensite and austenite phases. It is thought that this situation is caused by martensite twin orientations, which are affected by the change of V, Al contents.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, high temperature mechanical properties, thermal cycling analysis, microstructure and phase transformation of Ti-15V-2Al alloy were investigated. The results are summarized below.

1. In the microstructure of Ti-15V-2Al alloy at room temperature, it was determined that there was some β phase as well as orthorhombic α' martensite phase.
2. At heating-cooling of 20 °C/min, reverse martensitic transformation temperatures (A_s and A_f) were found to be 195 °C and 285 °C, respectively. No exothermic pike was found for the Ti-15V-2Al alloy while being cooled from 500 °C to room temperature.
3. Depending on the number of thermal cycles, no significant change in reverse martensitic transformation temperatures was observed which means that the transformation is stable.
4. The hardness values of the alloy were 5.94, 3.27 and 4.51 GPa, and the values of the reduced elastic modulus were found as 121.8, 37.6, and 59.5 GPa at RT, 250 °C and 450 °C, respectively. As a result of the mechanical analysis, martensitic structure at RT was found to be harder than the austenite structure at 450 °C.
5. It was determined that the superelastic behavior of the alloy was better at 450 °C than at 24 °C.

When all the results are evaluated, it can be concluded that the alloy is preferable for high temperature applications.

References

1. G.S. Firstov, J. Van Humbeeck, Y.N. Koval, "High-temperature shape memory alloys, some recent developments," *Mater. Sci. Eng. A*, 378, 2–10, 2004.
2. O. Ozbulut, S. Daghash, M. Sherif, "Shape memory alloy cables for structural applications," *J. Mater. Civ. Eng.*, 28(4), 04015176, 2015.
3. J.V. Humbeeck, "High temperature shape memory alloys," *Engineering Materials and Technology*, 121, 4, 1999.
4. J. Ma, I. Karaman and R.D. Noebe, "High temperature shape memory alloys," *International Material Reviews*, 55: 5, 257-315, 2010.
5. K.C. Atli, I. Karaman, R.D. Noebe, A. Garg, Y.I. Chulyakov, I.V. Kireeva, "Shape memory characteristics of Ti_{49.5}Ni₂₅Pd₂₅Sc_{0.5} high-temperature shape memory alloy after severe plastic deformation," *Acta Mater.*, 59, 4747–4760, 2011.
6. X.L. Meng, W. Cai, L.M. Wang, Y.F. Zheng, L.C. Zhao, L.M. Zhou, "Microstructure of stress-induced martensite in a Ti–Ni–Hf high temperature shape memory alloy," *Scripta Mater*, 45, 1177–1182, 2001.
7. H. Kato, R. Stalmans, J. Van Humbeeck, "Two-way shape memory effect induced by tension training in Cu-13.4Al4.0Ni (mass%) alloy single crystals," *Mater. Trans.*, 39, 378-386, 1998.
8. X.H. Zheng, J.H. Sui, X. Zhang, Z.Y. Yang, H. B. Wang, X.H. Tian, W. Cai, "Thermal stability and high-temperature shape memory effect of Ti–Ta–Zr alloy," *Scripta Mater*, 68, 1008–1011, 2013.
9. K. Otsuka, K.M. Wayman, J. Van Humbeeck, R. Stalmans, "Characteristics of Shape Memory Alloys," Cambridge University Press., p. 149, Cambridge, 1999.
10. K. Otsuka, X. Ren, "Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys," *Prog. Mater. Sci.*, 50, 511–678, 2005.
11. B. Kochar, I. Karaman, J.I. Kim, Y. I. Chumlyakov, J. Sharp, "Thermo-mechanical cyclic response of an ultra fine grained NiTi shape memory alloy," *Acta Mater*, 56, 3630–3646, 2008.
12. P.J.S. Buenconsejo, H.Y. Kim, H. Hosoda, S. Miyazaki, "Shape Memory Behavior of Ti-Ta and Its Potential as High Temperature Shape Memory Alloy," *Acta Mater.*, 57, 1068–1077, 2009.
13. S. Ergen, "The effect of indentation temperature and load on mechanical characterization and transformation behavior of high temperature Ti-V-Al-Cu shape memory alloy," *Materials Chemistry and Physics*, 268, 124757, 2021.
14. O. Bağ, F. Yılmaz, U. Kölemen, S. Ergen, C. Temiz, O. Uzun, "Transformational, microstructural and superelasticity characteristics of Ti–V–Al high temperature shape memory alloys with Zr addition," *Phys. Scr.*, 96, 085702, 2021.
15. M. Hiroaki, Y. Hiroshi, F. Damien, M. Eric, C. Akihiko, G. Fumihiko, "Mechanical behaviors of Ti–V–(Al, Sn) alloys with martensite microstructure," *Journal of Alloys and Compounds*, 509, 2684–2692, 2011.
16. O. Uzun, N. Basman, C. Alkan, U. Kölemen, F. Yılmaz, "Depth sensing indentation analysis of electrochemically synthesized polythiophene," *Materials Chemistry and Physics*, 124, 196–202, 2010.

17. Y. Cui, Y. Li, K. Luo, H. Xu, "Microstructure and shape memory effect of Ti–20Zr–10Nb alloy," *Mat. Sci. Eng. A.*, 527, 652-656, 2010.
18. E. Takahashi, T. Sakurai, S. Watanabe, N. Masahashi, S. Hanada, "Effect of heat treatment and Sn content on superelasticity in biocompatible TiNbSn alloy," *Mater. Trans.*, 43, 12, 2978–2983, 2002.
19. X.H. Zheng, J. H. Su, X. Zhang, X.H. Tian, W. Cai, "Effect of Y addition on the martensitic transformation and shape memory effect of Ti-Ta high-temperature shape memory alloy," *Journal of Alloys and Compounds*, 539, 144- 147, 2012.
20. O. Bağ, S. Ergen, F. Yılmaz, U. Kölemen, "Influence of Al content on transformation temperature and activation energy of Ti–V–Al high temperature shape memory alloys," *Solid State Communications*, 323, 114104, 2021.
21. F. Yılmaz, O. Uzun, U. Kölemen, M.F. Kılıcaslan, N. Basman, S. Ergen, K. Ozturk, E. Yanmaz, "Nanoindentation study on Gd-deposited YBaCuO superconductor," *Bull. Mater. Sci.*, 36, 7, 1139–1145, 2013.
22. O. Uzun, F. Yılmaz, U. Kölemen, N. Basman, "Sb effect on micro structural and mechanical properties of rapidly solidified Al–12Si alloy," *Journal of Alloys and Compounds*, 509, 21–26, 2011.
23. F. Khaleghi, M. Tajally, E. Emadoddin and M. Mohri, "The investigation of the mechanical properties of graded hightemperature shape memory Ti-Ni-Pd alloy," *J. Alloys Compd.*, 787, 882–92, 2019.
24. X. Yi, B. Sun, W. Gao, X. Meng, Z. Gao, W. Cai and L. Zhao, "Microstructure evolution and superelasticity behavior of Ti-Ni-Hf shape memory alloy composite with multi-scale and heterogeneous reinforcements," *Journal of Materials Science & Technology*, 42, 113–21, 2020.



Wavelet Dalgacık Dönüşümü ile Tıkayıcı Uyku Apnesi Tahmini ve Epok Sürelerinin Etkisi

Mehmet Balcı¹, Adem Gölcük^{2*}, Serkan Küçüktürk³, Şakir Taşdemir⁴, Hüsamettin Vatansev⁵, Hülya Vatansev⁶

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9552-5883), mbalci@ktun.edu.tr

² Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6734-5906), adem.golcuk@selcuk.edu.tr

³ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 000-0001-8445-666X), skuccukturk@kmu.edu.tr

⁴ Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2433-246X), stasdemir@selcuk.edu.tr

⁵ Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0230-3414), hvatansevselcuk.edu.tr

⁶ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8382-3904), hvatansev1@konya.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.954003)

ATIF/REFERENCE: Balcı, M., Gölcük, A., Küçüktürk, S., Taşdemir, Ş., Vatansev, H. ve Vatansev, H. (2021). Wavelet Dalgacık Dönüşümü ile Tıkayıcı Uyku Apnesi Tahmini ve Epok Sürelerinin Etkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 276-283.

Öz

Tıkayıcı uyku apnesi halk arasında uykuda nefes durması olarak da bilinen çok ciddi bir halk sağlığı sorunudur. Bu sağlık sorununun tespit edilmesi ciddi laboratuvar tetkikleri gerektirmektedir. Polisomnografi (PSG) olarak adlandırılan bu tetkik sisteminde hastadan gece boyunca birçok fizyolojik veri toplanarak kaydedilir. Daha sonra bu veriler incelenerek teşhis için kullanılır. Bu çalışmada yaşları 34 ile 73 arasında ve vücut kitle endeksleri 24,6 ile 49,3 arasında değişen 24 hastadan elde edilen gerçek veriler kullanılmıştır. Bu hastaların 17'si ciddi, 6'sı orta, 1'i de hafif derecede uyku apnesi teşhisi koyulmuş bireylerdir. 24 hastanın hastanenin uyku servisinde uyuma ve veri toplama için geçirdiği süre ortalama 5 saat 8 dakika 3 saniyedir. Bu çalışmada PSG ile toplanan fizyolojik verilerden olan pressure flow, pressuse snore ve thorax sinyalleri kullanılmıştır. Bu sinyaller önce epoklara ayrılmış, daha sonra ön işlemlerden geçirilmiştir. Farklı epok sürelerinin kullanıldığı çalışmada, her sinyalden wavelet dalgacık dönüşümü yöntemi ile sinyal özellikleri çıkarılarak bir özellikler veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri seti kullanılarak hastanın uyku sırasında meydana gelecek apnelerin önceden tahmin edilmesi amacıyla bir sistem geliştirilmiştir. Farklı sınıflandırıcıların da kullanıldığı bu sistemde ham sinyallerin bölümlendirilmesinde kullanılan epok sürelerinin tahmin başarısına etkisi araştırılmıştır. Epok süresi 30 saniye olarak belirlendiğinde %88 doğruluk oranı elde edilirken, epok süresi 15 saniye olarak belirlendiğinde tahmin doğruluğu %93,3 olarak hesaplanmıştır. Epok süresi 5 saniye olarak belirlendiğinde ise tahmin başarısı %97,2 olarak gerçekleşmiştir. Sonuçlar, epok sürelerinin kısaltılmasının tahmin başarısını artırdığını göstermektedir. Bunun nedeni olarak apne olayının meydana geldiği ana daha yakın bir zaman diliminde elde edilen fizyolojik verilerin, meydana gelecek apneyi daha iyi tanımlamasıdır.

Anahtar Kelimeler: Tıkayıcı uyku apnesi, Sinyal işleme, Wavelet dalgacık dönüşümü, Sınıflandırma, Apne tahmin

Effects of Obstructive Sleep Apnea Prediction and Epoch Duration with Wavelet Wavelet Transform

Abstract

Obstructive sleep apnea is a very serious public health problem, also known as respiratory arrest during sleep. Detection of this health problem requires serious laboratory tests. In this examination system called polysomnography (PSG), many physiological data are collected from the patient during the night and recorded. Then, these data are examined and used for diagnosis. Actual data obtained from 24 patients with body mass indexes between 24.6 and 49.3 and ages between 34 and 73 were used in this study. Seventeen of these patients are individuals who have been diagnosed with severe sleep apnea, 6 of them moderate, and 1 of them mild sleep apnea. The average time 24 patients spend sleeping and data collection in the hospital's sleep service is 5 hours, 8 minutes and 3 seconds. Pressure flow, pressuse snore and thorax signals, which are among the physiological data collected by PSG, were used in this study.

* Sorumlu Yazar: Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6734-5906, adem.golcuk@selcuk.edu.tr

These signals were first separated into epochs and then pre-processed. In the study, in which different epoch durations were used, a property data set was created by extracting signal properties from each signal with wavelet transform method. Using this data set, a system has been developed to predict apneas that will occur during sleep. In this system, in which different classifiers are used, the effect of epoch times used in segmentation of raw signals on prediction success has been investigated. When the epoch duration was determined as 30 seconds, 88% accuracy was obtained, while the prediction accuracy was calculated as 93.3% when the epoch duration was determined as 15 seconds. When the epoch duration was determined as 5 seconds, the prediction success was 97.2%. The results show that shortening the epoch times increases prediction success. The reason for this is that the physiological data obtained in a period closer to the moment when the apnea event occurs, better describe the apnea that will occur.

Keywords: Obstructive apnea, signal processing, discrete wavelet transform, classification, apnea predict

1. Giriş

Apne, uykuda solunum bozukluğu rahatsızlıklarının toplumda en sık görülenlerinden birisidir. Uyku sırasında nefes durması olarak bilinen apne, Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi (American Academy of Sleep Medicine, 2012) tarafından, kişinin havayolundaki soluk akışının 10 saniye boyunca ve en az %90 oranında azalması olarak tanımlanmıştır. Tıkaçıcı uyku apnesi sendromu, 3 farklı apne tipi arasında en sık rastlanan uykuda solunum bozukluğudur. Bir bireye tıkaçıcı uyku apnesi tanısı koyulabilmesi için hastanelerin uyku servislerinde polisomnografi (PSG) adı verilen detaylı bir tetkik uygulanmaktadır. Polisomnografi, hastaya birçok sensörün bağlandığı ve gece boyunca uyku sırasında hastadan birçok fizyolojik verilerin toplanmasını sağlayan elektronik kopye bir sistemdir. Polisomnografi kayıtları uyku uzmanı hekimler tarafından skorlama olarak adlandırılan incelemeden geçirilir. Skorlama sonuçlarına göre hastanın gece boyunca geçirdiği apne sayısı tespit edilir. Bu sayının saatlik ortalamasını gösteren apne-hipopne indeksi (AHI) değerine göre hastaya apne tanısı koyulur. Ayrıca AHI değerinin bulunduğu aralığa hastalığın şiddet seviyesi belirlenir (del Campo et al., 2006; Douglas et al., 1992).

Tıkaçıcı uyku apnesi hastalığının tedavisi için hastalara evlerinde uyurken kullanmaları için havayoluna pozitif hava basıncı uygulayan cihazlar reçete edilir. Bu cihazların birçok türü olmakla beraber, genel olarak pozitif airway Pressure (PAP) cihazı olarak isimlendirilir. PAP cihazlarının, apneleri otomatik algılayarak havayoluna uygulanan basıncı otomatik olarak ayarlayan tiplerine APAP ya da Otomatik CPAP ismi verilmektedir. APAP cihazları, hastanın apneye girmesini takiben tıkanıklık derecesine göre uygulanan hava basıncını ayarlar.

Bu çalışmada APAP cihazlarının çalışma tarzının geliştirilmesi adına bir sistem ortaya koyulmuştur. Yukarıda da bahsedildiği üzere, klasik APAP cihazları hasta apneye girdikten sonra tıkanan havayolunu açmak üzerine bir çalışma sistemine sahiptir. Bu çalışmada ortaya koyulan sistem ise hasta henüz apneye girmeden havayolunda meydana gelecek tıkanmaları önceden tahmin eden bir sistemdir.

Biyomedikal sinyaller durağan olmayan sinyallerdir. Bu yüzden sinyallerin işlenmesinden önce sinyallerin belirli aralıklarla bölünmesi gerekmektedir. Epok adı verilen her sinyal bölümünün süresi, yapılacak çalışmanın sonuçlarını da etkilemektedir. Polisomnografi sinyallerinin değerlendirilmesinde epok süresi standart olarak 30 saniye kabul edilmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen sinyal işleme çalışmalarında farklı epok süreleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Epok süreleri 30 saniye, 15 saniye ve 5 saniye olarak üç farklı sinyal işleme ve sınıflandırma çalışması yapılmış ve elde edilen apne tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır. Epok süresinin apne tahminini nasıl etkilediği üzerinde durulmuştur.

1.1. Literatür Taraması

Uyku apnesi tahmini için yapılmış en eski çalışmalardan biri Dagum ve Galper tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışmada, bayesian belief network modeli kullanılarak kalp atış hızı, göğüs hacmi, oksijen saturasyonu ve uyku durumu verileri ile apne tahmin modeli geliştirilmeye çalışılmıştır (Dagum & Galper, 1995).

Apne tahmini üzerine yapılan önemli çalışmalardan biri de Bock ve Gough tarafından yapılan çalışmadır. Kalp hızı, solunum ve oksijen saturasyonu verilerinin kullanıldığı çalışmada, continuous positive airway pressure (CPAP) cihazların dinamik olarak geliştirilmesinde apne tahmininin önemi vurgulanmıştır (Bock & Gough, 1998).

Waxman ve ark., 2010 tarafından yapılan çalışmada LAMSTAR yapay sinir ağı kullanarak apne ve hipopne için otomatik tahmin ile apne ve hipopne atakları öngörülme çalışılmıştır. Yapılan çalışmada dalgacık dönüşümüne dayalı ön işleme ile bir dizi polisomnografi çalışmasından elde edilen altı fizyolojik sinyal kullanılmıştır. Burada geleceğe ait tahminler yapabilmek için 30 saniyelik periyotlar kullanılmıştır. Böylece gelecekteki 60 saniyelik zaman dilimlerine varan doğru tahminler yapılabilmektedir. Sistem apne ataklarını öngörmede %80,6 ve hipopne ataklarını öngörmede ise %74,4 kadar duyarlılık göstermiştir. (Waxman et al., 2010).

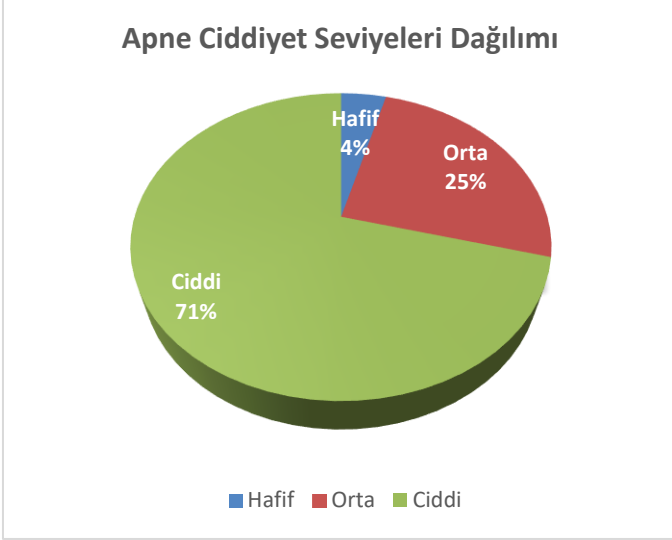
Molin ve ark. (2021) tarafından uyku apnesi üzerine yapılmış güncel bir çalışmada 42 hastadan gece boyunca solunum verileri akıllı telefonlar vasıtasıyla kaydedilerek apne riski tahmin edilmeye çalışılmıştır. Hızlı fourier dönüşümü kullanılan çalışmada Random Forest sınıflandırıcı %93 ve Support Vector Machine sınıflandırıcı %90 başarı elde etmiştir (Molin et al., 2021).

Literatürde PSG verilerinin analizine dayanan çalışmaların çoğu uyku apnesinin tespit edilmesini ya da bilgisayar sistemlerine dayalı ön tanı koyulmasını amaçlamaktadır. Yapılan araştırmalarda PSG verilerini yapay zekâ yöntemleri ile analiz ederek, henüz ortaya çıkmamış yaklaşan apneleri öngörebilen geniş kapsamlı çalışmalarda ise tatmin edici bir başarı oranı ile karşılaşılmalıdır. Bu açıdan bakıldığında bu çalışmanın önemi daha fazla ön plana çıkmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Çalışmada Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Hasatanesi'ne başvuran ve apne teşhisi koyulan 15 erkek ve 9 bayandan oluşan 24 hastaya ait gerçek PSG verileri kullanılmıştır. Bu hastaların yaşları 34-73 arasında, vücut kitle endeksleri 24,6-49,3 arasında değişmektedir. Hastaların 1'i hafif, 6'sı orta ve 17'si ciddi seviyede apne tanısı almış bireylerdir. Hastalar veri toplanması amacıyla ortalama 5 saat 8 dakika 3 saniye uyku servisinde uyutulmuşlardır. Hastaların ciddiye seviyelerin dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

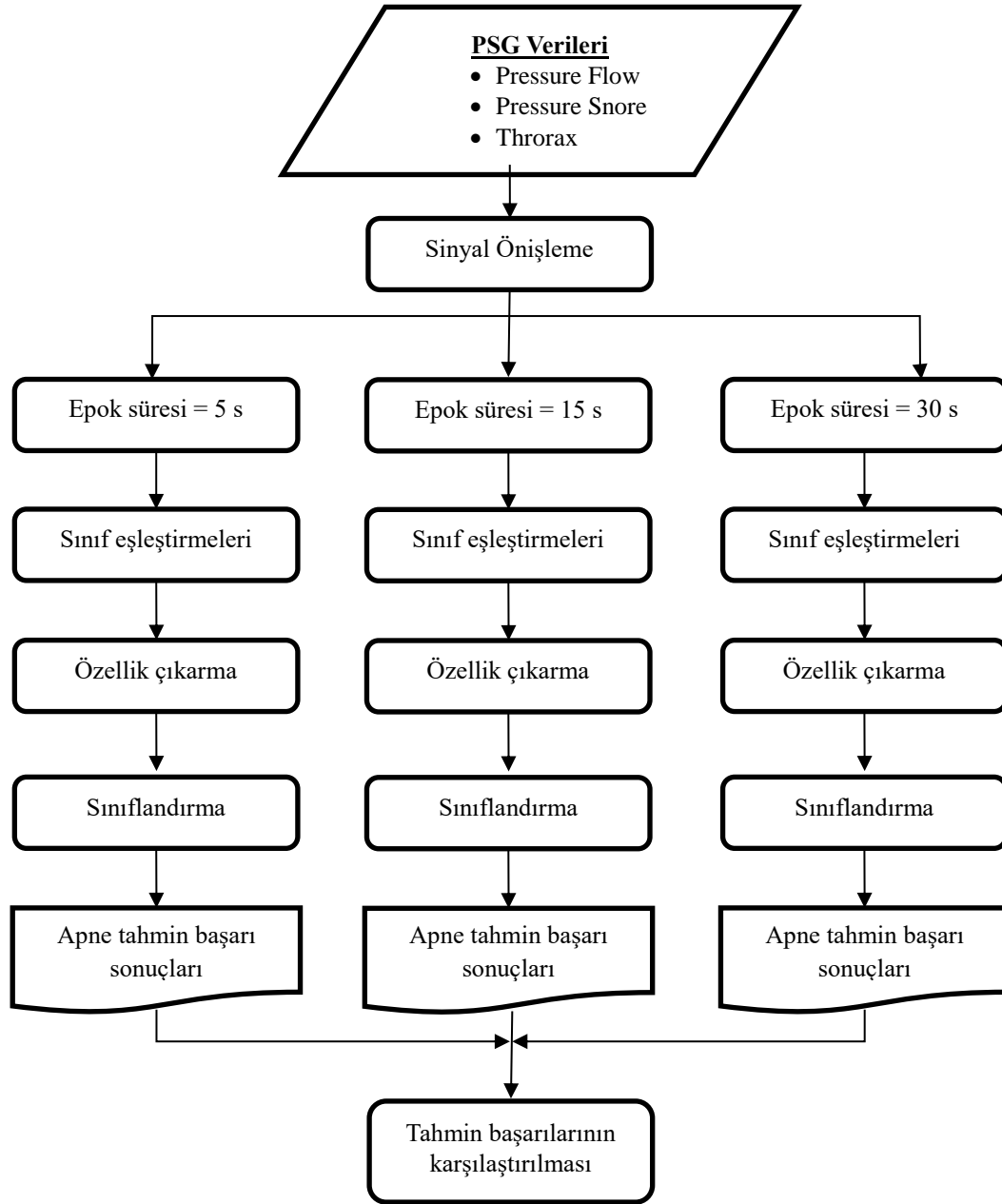


Şekil 1. Apne Ciddiyet Seviyeleri Dağılımı

Polisomnografi sistemi içerisinde birçok fizyolojik verinin yer aldığı kompil bir veri toplama sistemidir. Bu çalışmada tıkaçıcı uyku apnesine gösterge olabilecek 3 tip PSG sinyali kullanılmıştır. Bu sinyallerin seçilmesi literatür çalışmaları ve uzman hekim tavsiyesine dayanarak yapılmıştır. Bunlar, havayolundaki akışı gösteren pressure flow, hastanın horlama durumunu pressuse snore ve göğüs hareketlerini gösteren thorax sinyalleridir. Pressure flow ve pressure snore sinyalleri 256 Hz., Thorax sinyali ile 32 Hz. örnekleme frekansıyla kaydedilen sinyallerdir.

2.2. Yöntemler

Çalışmada kullanılan yöntemler ve akış diyagramı şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın akış diyagramı

2.2.1. Sinyal önışleme

Hastanenin uyku sevisinden alınan PSg sinyalleri öncelikle epoklara ayrılmıştır. Çalışmada 30, 15 ve 5 saniye olarak üç farklı epok süresi belirlenerek her bir epok süresi için ayrı ayrı çalışma yapılmıştır. Epoklara ayrılan ham sinyaller daha sonra bir dizi ön işlemden geçirilmiştir. Bu işlemler, cihazdan kaynaklanacak şebeke geriliminin bastırılması, sinyaldeki kaymaların giderilmesi amacıyla DC bilşenlerin temizlenmesi ve her sinyaldeki anlamlı verilerin tespit edilmesi amacıyla sinyallere özel filtreleme yapılması şeklindedir. Filtreleme için 3. Dereceden butterworth filtre kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan her sinyal tipi için kullanılacak filtreleme aralıkları literatürde yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Bu kapsamda pressure flow sinyali için alt kesim frekansı 0,05 Hz., üst kesim frekansı 5 Hz. olan bir bant geçiren filtre (Díaz et al., 2014; Huang et al., 2017), pressure snore sinyali için kesim frekansı 10 Hz. olan bir yüksek geçiren filtre (Hyo-Ki Lee et al., 2013),

thorax sinyali için ise üst kesim frekansı 0,5 Hz. (De la Fuente et al., 2019) olan bir alçak geçiren filtre uygulanmıştır.

2.2.2. Sınıf eşleştirmeleri

Çalışmada kullanılmak üzere hastanelerin uyku servislerinde tıkcaycı uyku apnesi rahatsızlığı teşshisi koyulmuş hastalara ait veriler kullanılmıştır. Hastaneden alınan ham veriler içerisinde hastaların uyku sırasında ne zaman apne geçirdiğini gösteren skorlama bilgileri de yer almaktadır. Ham verilerin epoklara ayrılmasından sonra her epoktaki verilere karşılık o epoktaki skorlama verisi, sınıf değeri olarak tayin edilmiştir. Böylece her epoktaki ham veri ile o epoktaki verilerle ortaya çıkan apne durumunu göstere sınıf verisi eşleştirilerek vir veri seti haline getirilmiştir. Ancak çalışmanın amacı, hep epoktaki sınıf değerini yani apne oluşup oluşmadığını değil, bir sonraki epokta yani daha sonraki zaman diliminde oluşacak henüz ortaya çıkmamış apneleri tahmin edebilen bir sistem geliştirmektir. Bu amaçla art arda gelen iki epoktaki veriler ile ikinci epoktaki sınıf

değerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Böylece ortaya çıkmamış apnenin önceki epoktaki veriler kullanılarak tahmin edilmesi sağlanmış olmaktadır. Art arda gelen ki epoktaki verilerin birleştirilerek kullanılmasında ama ise veri sızıntısını

önlemek ve daha sağlıklı çalışan bir sistem geliştirmektir. Bu amaçla veri setlerinde yapılan sınıf eşleştirmesi aşağıda şekil 3'te gösterilmiştir.

	Epok 1	Epok 2	Epok 3	Epok 4	Epok 5	Epok 6
1	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
2	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
3	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
4	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
5	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
6	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
7	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
8	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
...	Blue	Blue	Red	Green	Yellow	Purple
Class:		?	?	?	?	?

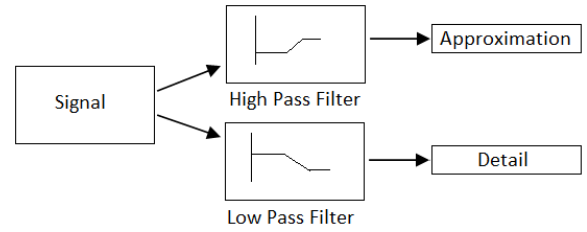
Şekil 3. Önceden apne tahmini için sınıf eşleştirmeleri

2.2.3. Wavelet dalgacık dönüşümü ile özellik çıkarma

Sinyal işleme uygulamalarını en önemli adımlarından biri sinyalden sinyali anlamlı şekilde temsil eden özelliklerin çıkarılmasıdır. Özellik çıkarma işlemleri gerek zaman domeninde gerekse frekans domeninde sinyallerin incelenmesini sağlayan birçok farklı teknik bulunmaktadır. Bu çalışmada, Wavelet Dalgacık Dönüşümü olarak bilinen ve sinyallerin frekans domeninde incelenmesine olanak sağlayan bir yöntem kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü yöntemi, düşük frekanslarda geniş bir pencere, yüksek frekanslarda ise sıkıştırılmış bir pencere kullanır (Vetterli & Kovačević, 1995). Dalgacık dönüşümü, esnek zaman frekans bilgisi elde edilmesini sağladığı için biyomedikal sinyallerin incelenmesinde önemli bir yere sahiptir (Türkoğlu, 2002). Bu yöntem kısa zamanlı fourier dönüşümüne (KZFD) benzer bir prensibe dayanır ve KZFD'deki sinyali pencerelere ayırma yerine bir dalgacık fonksiyonu kullanır (Miner, 1998). Ayrık dalgacık dönüşümü, ana dalgacığın belirli genişlemelerinde sinyali inceleyerek daha hızlı analiz yapılmasına olanak sağlar. Ayrık dalgacık dönüşümü, yüksek frekanslarda yüksek zaman çözünürlüğü ve düşük frekans çözünürlüğü, alçak frekanslarda ise yüksek frekans çözünürlüğü ve düşük zaman çözünürlüğünü sağlar (Özmen, 2013). DWT aşağıdaki formülle ifade edilir.

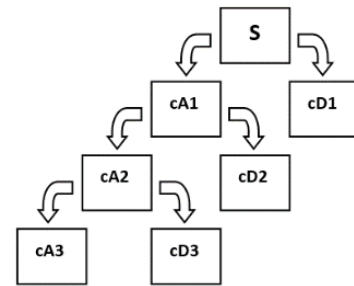
$$D_{j,k}(f, \Psi_{j,k}) = 2^{-j/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \Psi(2^{-j}x - k) dx \quad (2.1)$$

Bu yöntemde sinyal ilk önce filtreleme ile alçak ve yüksek frekans bileşenlerine ayrılır. Alçak frekans bileşenlerine "approximation", yüksek frekans bileşenlerine ise "detail" ismi verilir (Arı et al., 2008). Bu durum aşağıda Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Sinyalin bileşenlerine ayrılması

Yukarıda gösterilen bileşenlerine ayırma işlemi, sinyal üzerinde çok seviyeli olarak istenildiği kadar uygulanabilir (Koçyiğit & Korürek, 2005). Aşağıda Şekil 5'te çok seviyeli ayrıştırma gösterilmiştir.



Şekil 5. Çok seviyeli ayrıştırma (Arı et al., 2008; Özmen, 2013)

2.2.4. Sınıflandırma

Sınıflandırma veri setinde yer alan sınıf değerleri belli olan değerlerle makine öğrenmesi eğitimi sağlandıktan sonra, sınıf değeri belli olmayan verilerin sınırlarının tahmin edilmesi işlemidir. Özellikle biyomedikal karar destek sistemlerinde en sık kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinden birisi sınıflandırmadır. Bu çalışmada apnelerin önceden tahmin edilebilmesi için art arda gelen epokları birleştirilmesi ve sınıf değerlerinin eşleştirilmesi işlemi yapılmıştır. Burada epok süresi olarak belirlenen zaman

diliminin ne kadar olduğu da önemlidir. Bu bağlamda ham veriler 5, 15 ve 30 saniyelik farklı epok süreleri kullanılarak 3 farklı veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu üç veri setinde bir sonraki epoktaki apne olayını tahmin edebilecek şekilde sınıf eşleştirme işlemi yapılmıştır. Daha sonra üç veri seti üzerinde de 7 farklı sınıflandırıcı (Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Naive Bayes (NB), K Nearest Neighborhood (KNN), Decision Tree (DT) ve Logistic Regression (LR)) kullanılarak sınıflandırma işlemi uygulanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları

Bu çalışmada PSG sisteminden elde edilen Pressure Flow, Pressure Snore ve Thorax sinyalleri kullanılmıştır. Bu sinyaller 5, 15 ve 30 saniyelik farklı epok süreleri kullanılarak 3 farklı veri seti oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen bu veri setleri yukarıda anlatılan sınıf eşleştirme, özellik çıkarma işlemleri uygulanmıştır. Üç veri setinden elde edilen özellik veri setlerinin bilgileri tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Üç veri setinden çıkarılan özellik veri setleri

	Epok=5 s	Epok=15 s	Epok=30 s
Özellik sayısı	123	292	547
Kayıt (satur) sayısı	110007	34574	15838

Özellik çıkarma işlemlerinden sonra her özellikler verisi üzerinde normalizasyon işlemi uygulanmış ve veri setinde dengeli bir dağılım elde edilmiştir. Son olarak da 7 farklı sınıflandırıcı kullanılarak bir her epoktaki veri ile bir sonraki epokta meydana gelebilecek apne olayı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Her epok süresi için özellik çıkarma işlemlerinden sonra oluşan veri setleri ve bu veri setleri kullanılarak sınıflandırma sonucu elde edilen apne tahmin başarı sonuçları aşağıda sunulmuştur. Sınıflandırma sonuçları AUC, CA, Precision, Recall ve F1 ile gösterilmiştir. AUC, ROC eğrisinin altındaki alanı gösterir, CA, sınıflandırma doğruluğudur. Sınıflandırma doğruluğu, doğru tahmin edilen sınıf sayısının tüm verilere ait sınıf sayısına oranıdır. Precision, pozitif olarak

tahmin edilen sınıfların gerçekte kaç tanesinin pozitif olduğunu gösterir. Recall, pozitif olarak tahmin etmemiz gereken sınıflardan kaçının pozitif olarak tahmin edildiğini gösteren değerdir. F1, Precision ve Recall değerlerinin harmonik ortalamasını gösterir. F1 kullanmanın amacı, eşit olarak dağıtılmayan veri kümelerinde yanlış model seçimini önlemektir. F1, tüm hata maliyetlerini içeren bir ölçüm aracıdır.

Epok sürelerinin 5 saniye olarak alındığı veri setinden wavelett dalgacık dönüşümü özellik çıkarma yöntemi ile 123 özellik vektörünün yer aldığı 110007 satır veriden oluşan bir özellikler veri seti oluşmuştur. Bu veri seti ile elde edilen apne tahmin başarısını gösteren sınıflandırma sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Epok süresi 5 s. için sınıflandırma sonuçları

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
Random Forest	0,862	0,972	0,961	0,969	0,972
K Nearest Neighbourhood	0,784	0,971	0,957	0,960	0,971
Logistic Regression	0,650	0,970	0,956	0,942	0,970
Decision Tree	0,500	0,970	0,956	0,942	0,970
Artificial Neural Network	0,720	0,956	0,955	0,953	0,956
Support Vector Machine	0,709	0,946	0,949	0,951	0,946
Naive Bayes	0,796	0,819	0,877	0,959	0,819

Epok sürelerinin 15 saniye olarak alındığı veri setinden wavelett dalgacık dönüşümü özellik çıkarma yöntemi ile 292 özellik vektörünün yer aldığı 34574 satır veriden oluşan bir

özellikler veri seti oluşmuştur. Bu veri seti ile elde edilen apne tahmin başarısını gösteren sınıflandırma sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Epok süresi 15 s. için sınıflandırma sonuçları

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
Random Forest	0,910	0,933	0,919	0,931	0,933
Decision Tree	0,785	0,919	0,907	0,905	0,919
K Nearest Neighbourhood	0,708	0,905	0,861	0,846	0,905
Logistic Regression	0,635	0,904	0,860	0,827	0,904
Support Vector Machine	0,781	0,899	0,892	0,887	0,899
Artificial Neural Network	0,728	0,876	0,874	0,872	0,876
Naive Bayes	0,782	0,706	0,766	0,890	0,706

Epok sürelerinin 30 saniye olarak alındığı veri setinden wavelett dalgacık dönüşümü özellik çıkarma yöntemi ile 547

özellik vektörünün yer aldığı 15838 satır veriden oluşan bir özellikler veri seti oluşmuştur. Bu veri seti ile elde edilen apne

tahmin başarısını gösteren sınıflandırma sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Epok süresi 30 s. için sınıflandırma sonuçları

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
Random Forest	0,908	0,880	0,864	0,878	0,880
Decision Tree	0,821	0,853	0,844	0,841	0,853
Logistic Regression	0,554	0,806	0,725	0,704	0,806
Support Vector Machine	0,753	0,804	0,797	0,792	0,804
K Nearest Neighbourhood	0,639	0,804	0,728	0,713	0,804
Artificial Neural Network	0,666	0,765	0,760	0,755	0,765
Naive Bayes	0,729	0,655	0,692	0,812	0,655

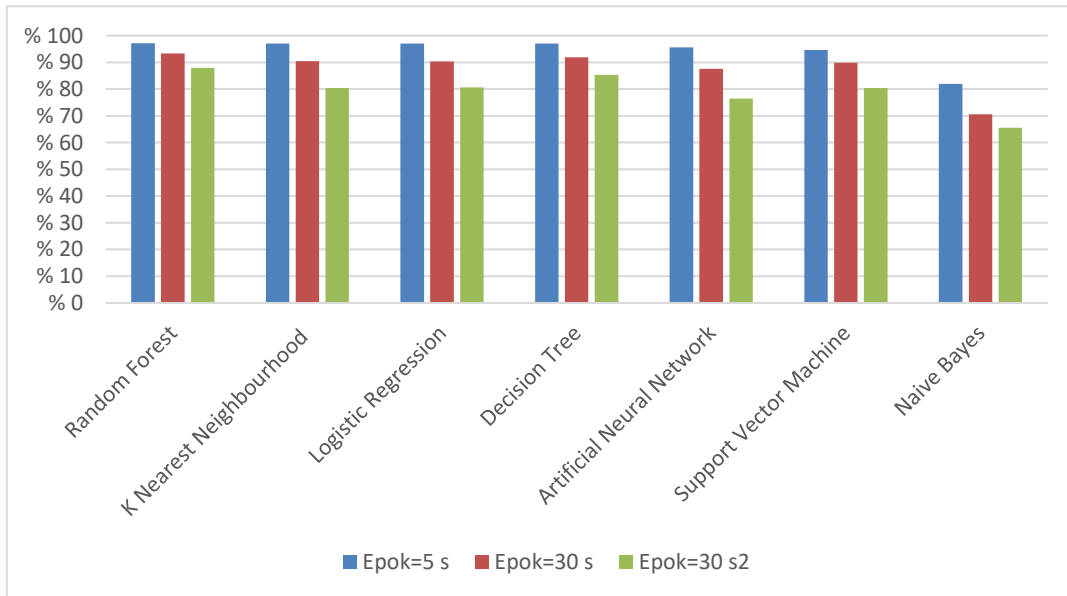
Üç farklı epok süresi ile önceden epne tahmini için yapılan sınıflandırma işlemlerinden elde edilen sınıflandırma başarılarının karşılaştırmalı olarak Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Üç farklı epok süresi için sınıflandırma başarılarının karşılaştırması

Model	Epok=5 s CA	Epok=15 s CA	Epok=30 s CA
Random Forest	0,972	0,933	0,880
K Nearest Neighbourhood	0,971	0,905	0,804
Logistic Regression	0,970	0,904	0,806
Decision Tree	0,970	0,919	0,853
Artificial Neural Network	0,956	0,876	0,765
Support Vector Machine	0,946	0,899	0,804
Naive Bayes	0,819	0,706	0,655

Tablo 5'ten görülebildiği gibi üç farklı epok süresi ile yapılan sınıflandırma işlemlerine göre, henüz meydana gelmemiş apnelerin önceden tahmin edilebilmesinde en başarılı sonuç epok süresinin 5 saniye olarak belirlendiği veri setinden elde edilmiştir. Ayrıca, diğer iki sonuçla birlikte toplu olarak

incelendiğinde epok süresinin kısalmasının tahmin başarısını yükselttiği görülmektedir. Üç farklı epok süresi ile hazırlanmış veri setlerinin 7 farklı sınıflandırıcı ile elde edilmiş sınıflandırma başarıları grafiği şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Farklı epok süreleri ile epne tahmin başarılarının karşılaştırması

4. Sonuç

Bu çalışmada, en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olan uykuda solunum bozukluğu üzerinde çalışılmıştır. Uykuda solunum bozukluklarının en sık görülen tipi olan tıkaçıcı uyku

apnesi hastanelerin PSG sistemleri ile hastadan alınan fizyolojik verilerle teşhis edilmektedir. Belli bir zaman dilimindeki biyomedikal sinyallerin değerlerdirilerek o zaman dilimindeki verilere dayalı olarak apne ortaya çıkıp çıkmadığını belirlemek bir sorundur. Ancak, bir zaman dilimindeki verilerle daha

sonraki bir zamanda ortaya çıkabilecek olası apneleri öngörmek ise daha karmaşık bir sorundur. Bu çalışmada tıkaçıcı uyku apnesi teşhisinde kullanılması uygun olan ve PSG sistemi ile hastalardan alınan Pressure Flow, Pressure Snore ve Thorax sinyalleri kullanılarak henüz ortaya çıkmamış ve daha sonraki zamanlarda oluşabilecek apneleri öngörececek bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır.

İlk önce tüm biyomedikal sinyaller sinyal önışlemeden geçirilmiştir. Daha sonra, biyomedikal sinyallerin işlenmesinde sinyallerin epoklara ayrılması gerektiği için üç farklı epok süresi kullanılarak sinyaller epoklara ayrılmış ve üç farklı veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan her veri seti için sınıf değerleri eşleştirmesi yapılmıştır. Sınıf değerleri eşleştirmesi yapılırken, bir epoktaki sinyal verisi ile bir sonraki epokta meydana gelebilecek olası apne varlığı sınıf değeri olarak atanmıştır. Bu tasarım, epok süresinin 5 s olarak belirlendiği veri setinde en az 5 en çok 10 saniye sonraki anpelerin, epok süresinin 15 s olarak belirlendiği veri setinde en az 15 en çok 30 saniye sonraki anpelerin ve epok süresinin 30 s olarak belirlendiği veri setinde en az 30 en çok 60 saniye sonraki anpelerin öngörülebilmesinin alt yapısını oluşturmuştur. Bir sonraki adımda ise, wavelet dalgacık dönüşümü yöntemi ile üç veri setinde de özellik çıkarma yapılmıştır. Farklı epok süreleri için oluşturulan veri setlerine ait bilgiler tablo 1’de gösterilmiştir. Her üç veri seti üzerinde 7 farklı sınıflandırıcı (Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Naive Bayes (NB), K Nearest Neighborhood (KNN), Decision Tree (DT) ve Logistic Regression (LR)) kullanılarak sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Yapılan sınıflandırma sonuçları tablo2, tablo 3 ve tablo 4’te detaylı olarak görülmektedir. Üç farklı epok süresi ile yapılan sınıflandırma işlemlerinin sonuçlarına bakarak apne tahminindeki başarıların karşılaştırılması tablo 5 ve şekil 6’da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre en başarılı tahmin performansı epok süresinin 5 saniye olarak belirlendiği veri setinden elde edilmiştir. Ayrıca, epok süresinin azalmasının performan artışına da katkı sağladığı söylenebilir. Bu durum, ortaya çıkacak olası apneye daha yakın sinyal verilerinin apnenin daha kuvvetli bir habercisi olduğunu ortaya koymaktadır. Üç farklı veri setinde de 7 sınıflandırıcıdan en başarılı olanı random forest olarak görülmektedir. Bunun nedeninin random forest sınıflandırıcıların, dağınık veri setlerinde daha başarılı sonuçlar üretebilme özelliğinden kaynaklandığı söylenebilir.

5. Teşekkür

Bu çalışmayı 1505 Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı kapsamında 5190006 proje numarası ile destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’na (TÜBİTAK) ve 18101016 proje numarası ile destekleyen Selçuk Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri koordinatörlüğüne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

American Academy of Sleep Medicine. (2012). *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events The 2007 AASM Scoring Manual vs. the AASM Scoring Manual v2.0*.
Arı, N., Özen, Ş., & Çolak, Ö. H. (2008). *Wavelet Theory*. Palme.
Bock, J., & Gough, D. A. (1998). Toward prediction of

physiological state signals in sleep apnea. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 45(11).
<https://doi.org/10.1109/10.725330>
Dagum, P., & Galper, A. (1995). Time series prediction using belief network models. *International Journal of Human-Computer Studies*, 42(6).
<https://doi.org/10.1006/ijhc.1995.1027>
De la Fuente, C., Weinstein, A., Guzman-Venegas, R., Arenas, J., Cartes, J., Soto, M., & Carpes, F. P. (2019). Use of accelerometers for automatic regional chest movement recognition during tidal breathing in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 47.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.05.016>
del Campo, F., Hornero, R., Zamarrón, C., Abasolo, D. E., & Álvarez, D. (2006). Oxygen saturation regularity analysis in the diagnosis of obstructive sleep apnea. *Artificial Intelligence in Medicine*, 37(2).
<https://doi.org/10.1016/j.artmed.2005.10.005>
Díaz, J. A., Arancibia, J. M., Bassi, A., & Vivaldi, E. A. (2014). Envelope Analysis of the Airflow Signal To Improve Polysomnographic Assessment of Sleep Disordered Breathing. *Sleep*, 37(1). <https://doi.org/10.5665/sleep.3338>
Douglas, N. ., Thomas, S., & Jan, M. . (1992). Clinical value of polysomnography. *The Lancet*, 339(8789).
[https://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)91660-Z](https://doi.org/10.1016/0140-6736(92)91660-Z)
Huang, W., Guo, B., Shen, Y., & Tang, X. (2017). A novel method to precisely detect apnea and hypopnea events by airflow and oximetry signals. *Computers in Biology and Medicine*, 88.
<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2017.06.015>
Hyo-Ki Lee, Jeon Lee, Hojoong Kim, & Kyoung-Joung Lee. (2013, July). Automatic snoring detection from nasal pressure data. *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6611136>
Koçyiğit, Y., & Korürek, M. (2005). EMG signal classification using wavelet transform and fuzzy logic classifier. *ITU Journal Series D: Engineering*, 4(3), 25–31.
Miner, N. E. (1998). *An Introduction to Wavelet Theory and Analysis*. <https://doi.org/10.2172/1896>
Molin, N. L., Molin, C., Dalpatadu, R. J., & Singh, A. K. (2021). Prediction of obstructive sleep apnea using Fast Fourier Transform of overnight breath recordings. *Machine Learning with Applications*, 4.
<https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100022>
Özmen, G. (2013). *The Evaluation of The Muscle Fatigue in The Cervical Region with Surface Electromyogram Information*. The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University.
Türkoğlu, İ. (2002). *An Intelligent pattern recognition for nonstationary signals based on the time-frequency entropies*. Firat University, Institute of Science and Technology.
Vetterli, M., & Kovačević, J. (1995). *Wavelets and Subband Coding*. Prentice Hall PTR.
Waxman, J. A., Graupe, D., & Carley, D. W. (2010). Automated Prediction of Apnea and Hypopnea, Using a LAMSTAR Artificial Neural Network. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181(7).
<https://doi.org/10.1164/rccm.200907-1146OC>



Ampirik Mod Ayırıştırması ve Welch Yöntemini Kullanarak Dört Sınıflı Motor Hayali EEG Sinyallerinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması

Mustafa Tosun^{1*}, Osman Çetin²

^{1*} Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fak., Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Kütahya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7167-4561), mustafa.tosun@dpu.edu.tr

² Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fak., Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Kütahya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8988-5025), osman.cetin@dpu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.948099)

ATIF/REFERENCE: Tosun, M. & Çetin, O. (2021). Ampirik Mod Ayırıştırması ve Welch Yöntemini Kullanarak Dört Sınıflı Motor Hayali EEG Sinyallerinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 284-288.

Öz

Elektroensefalogram (EEG) tabanlı beyin-bilgisayar arayüzü (BBA) uygulamalarında, kişilerin ilgili uzuv hareketlerini hayal etmesiyle elde edilen motor hayali (MI) sinyallerinden özellik çıkarmak ve bunları sınıflandırmak oldukça önemli bir konudur. MI-EEG sinyalleriyle ilgili yapılan çalışmalarda, birçok farklı özellik çıkarma yöntemleri ve sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Fakat bu sinyallerde sınıf sayısı arttıkça elde edilen sınıflandırma başarıları arasında belirgin farklar gözlemlenmiştir. Önerilen yöntemde, sinyallerin güç spektral yoğunluğu (PSD) bilgilerini içeren özellik çıkarma yöntemi sunulmuştur. Ham EEG verilerine ampirik mod ayırıştırması (EMD) uygulanarak farklı frekans seviyelerindeki sinyaller elde edilmiştir. Bu sinyallerin PSD değerleri welch yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen PSD değerleri bir öznitelik vektöründe birleştirilmiştir. Oluşturulan öznitelik vektörlerini kullanarak, popüler bir derin öğrenme algoritması olan uzun-kısa dönem hafıza (LSTM) ağı eğitilmiştir. Eğitim sonucunda elde edilen test başarılarının, kişiler ve kanallar bazındaki karşılaştırmaları detaylı olarak yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda kafa derisinin merkez noktasında bulunan kanalların, diğer kanallara göre daha başarılı oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ampirik Mod Ayırıştırması, Beyin-Bilgisayar Arayüzü, Uzun-Kısa Dönem Hafıza, Welch Yöntemi.

Classification of Four-Class Motor Imaginary EEG Signals with Deep Learning Using Empirical Mode Decomposition and Welch Method

Abstract

In electroencephalogram (EEG) based brain-computer interface (BCI) applications, it is very important to extract features from motor imagery (MI) signals obtained by imagining related limb movements and to classify them. Many different feature extraction methods and classification algorithms have been used in studies on MI-EEG signals. However, significant differences have been observed between the classification accuracies obtained as the number of classes increased in these signals. In the proposed method, feature extraction method including power spectral density (PSD) information of signals is presented. By applying empirical mode decomposition (EMD) to the raw EEG data, signals at different frequency levels were obtained. The PSD values of these signals were calculated using the welch method. The PSD values obtained were combined in a feature vector. Using the generated feature vectors, the long-short term memory (LSTM) network, a popular deep learning algorithm, was trained. The comparisons of the test accuracies obtained as a result of the training on the basis of individuals and channels were made in detail. As a result of the comparison, it was observed that the channels at the center of the scalp are more successful than the other channels.

Keywords: Empirical Mode Decomposition, Brain-Computer Interface, Long-Short Term Memory, Welch Method.

* Sorumlu Yazar: Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Kütahya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7167-4561)
mustafa.tosun@dpu.edu.tr

1. Giriş

BBA, kişilerin herhangi bir kas gücü gerektirmeden, beyinden alınan biyoelektriksel sinyaller ile harici elektronik cihazlar arasında iletişim kurmalarını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler; biyomedikal uygulamalarda, motor fonksiyonlarını yerine getiremeyen felçli hastaların tekerlekli sandalye ve robot kol gibi cihazları kontrol etmelerinde, araba kullanma, drone kontrolü gibi çeşitli uygulamalar için kullanılır [1]. Beyin aktivitelerinin ölçülmesinde, EEG, elektrokortigografi (ECoG), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI), magnetoensefalografi (MEG), fonksiyonel yakın infrared spektroskopisi (fNIRS) gibi çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler arasında düşük maliyeti, taşınabilirliği ve sinyal elde etmenin kolaylığı nedeniyle çoğunlukla EEG sinyalleri tercih edilir [2]. BBA ile ilgili yapılan çalışmalarda, motor hayali, kararlı durum görsel uyarılmış potansiyelleri (SSVEP) ve P300 gibi çeşitli EEG sinyalleri kullanılmıştır [3]. Bu sinyaller arasında motor hayali sinyalleri, kişide herhangi bir dürtüye gerek olmadan kendiliğinden üretilebildiği için en yaygın kullanılmakta olan sinyallerdir [4]. Motor hayali, bir kişi el veya bacak gibi uzuvlarının hareketini hayal ettiğinde ve hayalini bitirdiğinde, elektrotlardan kaydedilen beynin elektriksel aktivitesidir [5].

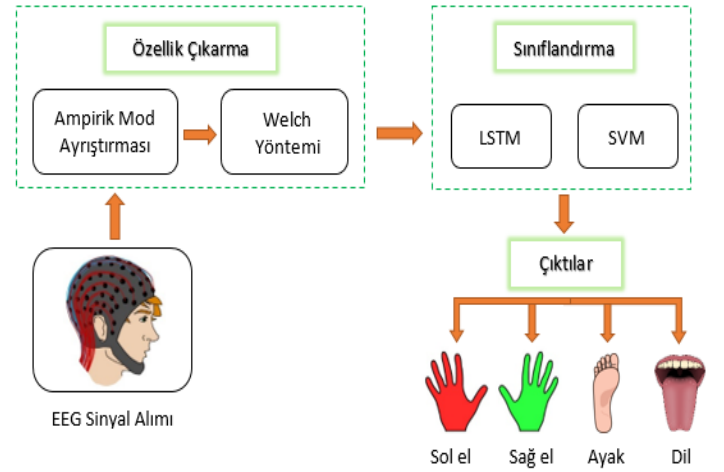
BBA uygulamalarında gerekli özneliklerin çıkartılması ve bunların sınıflandırılması oldukça önemli bir konudur. Çünkü EEG sinyalleri beyindeki milyarlarca nöronun etkileşimi sonucunda elde edilen aperiodyk ve non-lineer sinyallerdir [6]. Aynı zamanda EEG sinyalleri, iç ve dış etkenlerden kaynaklanan gürültülere karşı oldukça hassastırlar [7]. EEG sinyallerinden özellik çıkarmada; ortak uzamsal örüntüler (CSP) [8], ayırık dalgacık dönüşümü (DWT) [9], hızlı Fourier dönüşümü (FFT) [10], kısa süreli fourier dönüşümü (STFT) [11] ve Hilbert-Huang dönüşümü (HHT) [12] gibi birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Öznelikleri sınıflandırmada; destek vektör makineleri (SVM) [13], doğrusal diskrimant analizi (LDA) [14], en yakın komşuluk ilişkisi (k-NN) [15] gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Fakat makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak beyin sinyallerinin modellenmesi oldukça zordur. Geleneksel makine öğrenmesi yöntemleriyle sınıflandırmada yüksek doğruluklar elde edilememiştir.

Son yıllarda, araştırmacılar tarafından derin öğrenme yöntemlerine ilgi artmıştır. Derin öğrenme yöntemleri, konuşma ve görüntü tanıma gibi alanlarda yaygın olarak başarıyla kullanılmıştır [16]. Bununla birlikte, MI-EEG uygulamalarında derin öğrenme yöntemlerinin kullanımı, konuşma ve görüntü tanıma gibi alanlara göre kısıtlıdır ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır [17]. Derin öğrenme algoritmaları kullanılarak yapılan sınıflandırmalarda elde edilen başarı, eğitim verilerinin miktara bağlıdır. Özellikle, küçük veri kümeleriyle derin öğrenme modelleri eğitilmesi oldukça zordur. Derin öğrenme algoritmalarının öğrenme stratejilerinde çok büyük eğitim verileri gereklidir [18]. Bu nedenle, çalışmada kullanılan mevcut veri setinin tamamı, sınıflandırıcılara uygulanmadan önce 0.9 ve 1.1 [19] ile çarpılarak arttırılmıştır.

Önerilen yöntemde, veri setinde bulunan toplamda 9 kişiye ait 22 farklı kanalın sınıflandırma başarılarına olan etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Kanallara ait ham EEG verilerine Ampirik Mod Ayrıştırması uygulanarak farklı frekans seviyelerindeki alt sinyaller elde edilmiştir. Ayrıca, gürültü olarak

nitelendirilebilecek en yüksek frekanslı bileşen atılmıştır. Ayrıştırılan sinyallerin PSD değerleri, Welch yöntemi uygulanarak hesaplanmıştır. Ayrıştırılan sinyallerden elde edilen PSD değerlerinin belirleyici olan kısımları bir öznelik vektöründe birleştirilmiştir. Bu öznelikler, LSTM derin ağının girişine uygulanmıştır. Eğitim sonucunda elde edilen test başarıları, kişiler ve kanallar bazında olmak üzere tablo halinde gösterilmiştir.

2. Materyal ve Metot

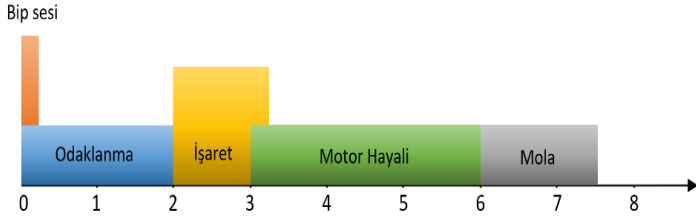


Şekil 1. Önerilen yöntemin blok diyagramı

Önerilen yöntemin blok diyagramı Şekil 1’ de gösterilmiştir. Önerilen yöntemde, özellik çıkarma yöntemi olarak EMD algoritmasıyla birlikte Welch yöntemi kullanılmıştır. 22 kanala ait EEG verilerine EMD algoritması uygulanarak, her bir kanal için 4 farklı frekans bandı aralığına sahip (İMF-2, İMF-3, İMF-4 ve İMF-5) sinyalleri elde edilmiştir. İMF-1 sinyali, yüksek frekanslı gürültü bileşenlerini içerdiğinden bu çalışmada kullanılmamıştır. Ardından, Welch yöntemi uygulanarak bu sinyallerin PSD değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen PSD değerlerinin belirleyici olan kısımları bir öznelik vektöründe birleştirilmiştir. EMD ve Welch yöntemlerini birlikte kullanarak elde edilen öznelik vektörleri, LSTM derin ağıyla sınıflandırılmıştır.

2.1. EEG Veri Kaydı

Bu çalışmada BCI Competition IV-2a veri seti kullanılmıştır [20]. Çalışılan veri seti, 9 farklı kişiden alınan sol el, sağ el, ayak ve dil olmak üzere 4 farklı sınıfa ait motor hayali görevlerinden oluşmaktadır. Denekler bilgisayar ekranının önüne oturularak, her deneme $t = 0$ sn’ de uyartım sesiyle birlikte başlamıştır ve siyah ekranda çarpı işareti belirlemiştir. İki saniye sonra ($t = 2$ sn’ de) sola, sağa, aşağıya ve yukarıya dönük, dört sınıftan birine karşılık gelen bir ok işareti belirlemiştir. Daha sonra, deneklere ok işaretine karşılık gelen sınıfın hayali hareketini 3. saniye ile 6. saniye arasında yapmaları istenmiştir. Elektrotlar, uluslararası 10-20 sistemine göre kafa derisi üzerine yerleştirilmiştir. Zamanlama şeması Şekil 2’ de gösterilmiştir.



Şekil 2. EEG kaydının zamanlama şeması

2.2. Ampirik Mod Ayırıştırması (EMD)

EMD yöntemi, herhangi bir gerçek değerli giriş sinyalinin farklı salınımlar yapan basit alt sinyallerin toplamından oluştuğu prensibine dayanmaktadır. Bu alt sinyallerin her birisi içsel mod fonksiyonları (İMF) olarak isimlendirilir. Bir sinyalden İMF çıkarma işlemi “eleme” olarak adlandırılır. İlk olarak, giriş sinyalindeki tüm yerel ekstremum noktaları (minimumlar ve maksimumlar) belirlenir. Daha sonra tüm yerel maksimum noktaları üst zarf, tüm yerel minimum noktaları ise alt zarf olacak şekilde birleştirilir. Üst ve alt zarfların ortalaması m_1 olarak adlandırılır. Giriş sinyali $x(t)$ ve m_1 sinyalinin farkı h_1 olarak adlandırılır ve 1 no' lu bağıntıyla gösterilir [21].

$$h_1 = x(t) - m_1 \quad (1)$$

Eleme işlemi, üst ve alt zarflar simetrik yapıda oluncaya kadar devam eder. Bir sonraki aşamada h_1 sinyali proto-İMF olarak kabul edilir ve yeni giriş verisi olarak ele alınır. Diğer İMF, bu sinyalden elde edilir. Üst ve alt zarfların ortalaması m_{11} olarak adlandırılır. Yeni giriş verisi h_1 ve m_{11} arasındaki fark h_{11} olarak adlandırılır ve 2 no' lu bağıntıyla gösterilir [21].

$$h_{11} = h_1 - m_{11} \quad (2)$$

k kez tekrarlanan eleme işleminden sonra, yerel zarfların simetri koşulu karşılanır. İlk İMF bileşeni c_{1k} olarak adlandırılır ve 3 no' lu bağıntıyla gösterilir. Benzer mantıkla, giriş sinyalinin eğer varsa diğer İMF'leri, bir önceki İMF üzerinden elde edilir [21].

$$c_{1k} = h_{1(k-1)} - m_{1k} \quad (3)$$

2.3. Welch Yöntemi

Welch yönteminde, kesikli giriş sinyali belirli uzunluktaki dilimlere bölünür. Her bir dilimin, isteğe bağlı olarak seçilmiş bir pencere fonksiyonuyla çarpıldıktan sonra yumuşatılmış periodogramları hesaplanır. Ardından, i . yumuşatılmış periodogram ifadesi Eşitlik 4' deki gibi gösterilir [22].

$$\hat{P}_i(f) = \frac{1}{M} \frac{1}{H} \left[\sum_{n=0}^{M-1} w[n] x_i[n] e^{-j2\pi f n} \right]^2 \quad (4)$$

Eşitlik 4' deki $w[n]$ ifadesi, isteğe bağlı olarak seçilen herhangi bir pencere fonksiyodur. Genellikle “hamming” penceresi tercih edilir. M ifadesi, dilim uzunluğudur ve her bir dilim için eşittir. H ifadesi pencere fonksiyonunun normalize edilmiş halidir ve Eşitlik 5' te gösterilmiştir [22].

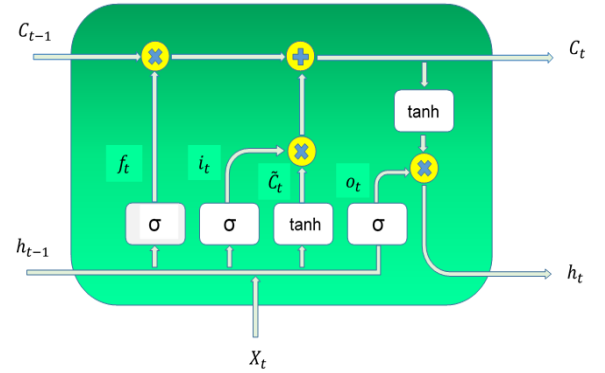
$$H = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} w[n]^2 \quad (5)$$

Son olarak, Welch' in güç spektral tahmini, yumuşatılmış periodogramların ortalaması alınarak elde edilir ve Eşitlik 6' daki gibi gösterilir [22].

$$\hat{P}_{welch}(f) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \hat{P}_i(f) \quad (6)$$

2.4. Uzun-Kısa Dönem Hafıza (LSTM)

LSTM ağları, yinelenen sinir ağlarının (RNN) özel bir türü olup, kapılar aracılığıyla hücre durumlarına bilgi ekleme veya kaldırma yeteneğine sahiptir. LSTM derin öğrenme ünitesi 3 kapıdan oluşmaktadır. Bu kapılar sırasıyla unutma kapısı, giriş kapısı ve çıkış kapısıdır. Unutma kapısı sigmoid katmandan oluşur ve hangi bilgilerin atılacağına karar verir. Giriş kapısı, sigmoid ve hiperbolik tanjant katmanlarından oluşmaktadır. Sigmoid katmanı, hangi bilgilerin güncelleneceğine karar verir. Tanjant katmanı güncellenmiş yeni değerlerin vektörünü oluşturur. Çıkış kapısı, sigmoid ve hiperbolik tanjant katmanlarından oluşmaktadır. Öncelikle, güncellenmiş hücre durumu bilgileri hiperbolik tanjant katmanından geçirilir. Ardından, mevcut giriş bilgileri ile bir önceki hücrenin çıktısı sigmoid katmanından geçirilir. Son olarak, her iki katmandan gelen bilgiler çarpılarak hücre çıktısı ifadesi elde edilir [2]. Şekil 3'te LSTM hücresi gösterilmiştir.

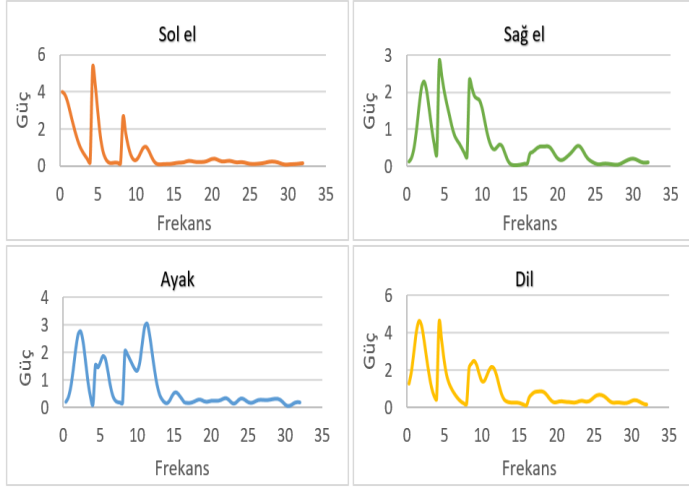


Şekil 3. LSTM hücresinin yapısı

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

250 hz örnekleme frekansıyla örneklenen EEG sinyalleri, farklı frekanslardaki 4 adet İMF' ye ayrıştırılmıştır. İMF' lerin anlamlı frekans bilgisinden yola çıkarak elde edilen İMF-5, İMF-4, İMF-3 ve İMF-2 sinyallerinin sırasıyla delta, teta, alfa ve beta bandlarına yaklaşık olarak karşılık geldiği söylenebilir. Bandlara ait PSD değerleri, Welch yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Welch yönteminde, pencere uzunluğu parametresi veri boyutunun $1/3$ ' ü kadar, noverlap parametresi ise pencere uzunluğunun $1/2$ ' si kadar seçilmiştir. Ayrıca pencere fonksiyonu olarak Hamming penceresi kullanılmıştır. Nyquist frekansı, 125 hz olduğundan elde edilen grafikler frekans değerleri 125 hz' ye kadardır. Yani, her bir band sinyali için 0' dan 125 hz' ye kadar PSD değeri mevcuttur. Fakat bu PSD değerleri ilgili band aralıklarının dışında çok küçük değerlere sahiptir. Bu yüzden sol el, sağ el, ayak ve dil sınıfı için 4 banda ait PSD değerlerinin, sadece ilgili frekans bandı aralıklarındaki kısımları bir öznitelik vektöründe birleştirilmek üzere kullanılmıştır. Delta (0-4 hz), Teta (4-8 hz), Alfa (8-16 hz) ve Beta (16-32 hz) bandlarından elde edilen PSD değerlerinin alta eklenmesiyle öznitelik vektörleri oluşturulmuştur. Öznitelik vektörü; delta bandından 12, teta bandından 12, alfa bandından 24 ve beta bandından 48 adet olmak üzere toplamda 96 adet PSD

değerinden oluşmaktadır. Sonuç olarak, kanal bazında 750 elemandan oluşan EEG verileri, 96 elemanlı PSD değerleriyle temsil edilmiştir. Şekil 4'te sol el, sağ el ayak ve dil sınıflarına ait PSD grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 4. Band güçlerinin birleştirilmesiyle elde edilen PSD grafikleri

Derin öğrenme algoritmalarının öğrenme stratejilerinde, eğitimleri için çok sayıda örnek gerektiğinden, elde edilen öznitelik vektörleri %90 ve %110 faktörleriyle çarpılmıştır. Böylece, öznitelik vektörlerinin sayıları üç kat artırılmıştır. Kullanılan yöntemlerde kanal bazında çalışıldığından, toplamda 22 kanalın her biri için aynı sayıda veri seti mevcuttur. Her bir kişi için tüm sınıflara ait veriler, 411 adet öznitelik vektöründen oluşmaktadır. Her bir öznitelik vektörü 96 adet PSD değeri içermektedir. Bir kişiye ait sol el, sağ el, ayak ve dil sınıfları için toplamda 1644 adet öznitelik vektörü mevcuttur. LSTM derin ağında, bu öznitelik vektörlerinin %70' lik kısmı eğitim, %15' lik kısmı validation ve diğer %15' lik kısmı test için kullanılmıştır. Tablo 1' de, EMD+Welch yöntemiyle oluşturulan öznitelik vektörlerinin, sınıflandırma işleminde kullanılmak üzere kişiler ve sınıflar bazındaki sayıları detaylı olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Sınıflandırmada kullanılan veri seti'nin dağılımı

Kişi	Sınıf				Dağılım		
	Sol el	Sağ el	Ayak	Dil	Eğitim	Val.	Test
S1	411	411	411	411	1148	244	244
S2	411	411	411	411	1148	244	244
S3	411	411	411	411	1148	244	244
S4	411	411	411	411	1148	244	244
S5	411	411	411	411	1148	244	244
S6	411	411	411	411	1148	244	244
S7	411	411	411	411	1148	244	244
S8	411	411	411	411	1148	244	244
S9	411	411	411	411	1148	244	244

EMD+Welch yöntemiyle oluşturulan özniteliklerin, LSTM derin ağıyla sınıflandırılması sonucunda elde edilen test başarıları, kişiler ve kanallar bazında olmak üzere Tablo 2' de gösterilmiştir. Kişiler bazında en yüksek başarı, 22 kanalın başarılarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır ve 3. kişide %86,85 olarak elde edilmiştir. Bu kişiye en yakın başarı ise

%86,47' lik başarıyla 9. kişi olmuştur. Kişiler bazında en düşük başarı ise 4. kişide %82,62 olarak elde edilmiştir. Kanallar bazında en yüksek başarı, 9 kişiye ait başarıların ortalaması alınarak hesaplanmıştır ve FCz kanalında %89,35 olarak elde edilmiştir. Bu kanala en yakın başarı ise %88,75' lik başarıyla Cz kanalı olmuştur. Kanallar bazında en düşük başarı ise C6 kanalında %81,49 olarak elde edilmiştir.

Tablo 2. Elde edilen test başarıları

Kanal	Kişiler								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Fz	92,21	90,98	88,93	76,64	89,92	87,90	90,32	87,50	85,08
FC3	85,66	81,97	84,84	73,77	90,32	88,71	87,90	91,13	86,69
FC1	90,57	90,92	89,34	84,02	77,42	76,61	81,45	86,69	86,65
FCz	88,52	90,16	87,70	88,52	87,50	89,52	89,52	90,73	91,94
FC2	84,84	75,41	87,65	77,05	87,45	88,31	90,32	83,06	87,50
FC4	86,89	84,84	88,52	89,75	84,68	85,86	90,73	80,65	88,71
C5	74,18	84,43	87,68	79,92	89,11	87,50	73,39	84,68	72,98
C3	94,26	86,07	88,11	76,23	80,65	77,82	73,79	92,34	90,32
C1	89,75	86,48	91,39	91,80	86,69	88,31	80,65	79,44	89,92
Cz	85,25	91,80	91,32	81,56	91,53	89,11	89,92	88,71	89,52
C2	93,03	89,34	90,16	86,07	84,27	91,62	85,08	87,90	89,88
C4	90,16	77,05	84,81	76,64	85,89	89,92	84,27	83,87	83,87
C6	76,64	88,11	77,46	78,28	82,66	79,03	80,65	87,10	83,47
CP3	88,52	89,75	86,48	82,38	78,23	74,60	83,06	91,94	87,90
CP1	77,46	86,48	82,79	84,80	91,13	83,06	89,92	88,71	89,52
CPz	86,07	90,16	84,02	84,02	90,32	84,27	85,08	89,52	81,85
CP2	90,57	77,87	77,42	81,56	89,52	91,13	89,52	87,50	86,29
CP4	90,53	92,21	88,07	82,38	79,03	77,42	85,05	74,19	89,11
P1	81,56	73,36	90,16	88,52	88,71	83,06	78,23	90,32	91,13
Pz	73,36	91,80	82,85	86,07	89,52	80,65	81,45	89,92	80,24
P2	84,84	77,82	91,75	87,70	91,50	86,69	80,24	77,42	84,27
POz	90,50	82,79	89,34	79,92	76,61	82,66	82,26	87,10	85,48

4. Sonuç

Literatürdeki motor hayali sinyallerinin sınıflandırılmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda, derin öğrenme algoritmalarının klasik makine öğrenmesi yöntemlerinden daha başarılı oldukları görülmüştür. Ayrıca çok fazla eğitim verisinin olduğu durumlarda, klasik makine öğrenmesi yöntemleriyle yapılan eğitimin süresi oldukça uzundur ve hesaplama verimliliği düşüktür. Derin öğrenme algoritmalarının öğrenme stratejilerinde ise çok fazla eğitim verisi bulunması gerekir. Derin öğrenme algoritmaları, eğitimleri boyunca ne kadar çok fazla veriyle eğitilirse elde edilen sınıflandırma başarıları da o derece yüksek olur. Bir BBA sisteminin anlık tepkilere net cevaplar verebilmesi çok fazla veriyle yapılan iyi bir eğitim sürecine bağlıdır. Bu sebeple, herhangi bir BBA sisteminde uygulanabilirlik açısından derin öğrenme algoritmaları kullanmak daha doğrudur.

Kaynakça

1. Amin, S. U., Alsulaiman, M., Muhammad, G., Mekhtiche, M. A., Hossain, M. S. (2019). Deep Learning for EEG motor imagery classification based on multi-layer CNNs feature fusion. *Future Generation computer systems*, 101, 542-554.

2. Wang, L., Zhang, X., Zhong, X., Zhang, Y. (2013). Analysis and classification of speech imagery EEG for BCI. *Biomedical signal processing and control*, 8 (6), 901-908. *Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE)* (s. 34-39). IEEE.
3. Aydemir, O., & Kayikcioglu, T. (2014). Decision tree structure based classification of EEG signals recorded during two dimensional cursor movement imagery. *Journal of neuroscience methods*, 229, 68-75.
4. Li, F., He, F., Wang, F., Zhang, D., Xia, Y., Li, X. (2020). A Novel Simplified Convolutional Neural Network Classification Algorithm of Motor Imagery EEG Signals Based on Deep Learning. *Applied Sciences*, 10 (5), 1605.
5. Wang, T., Deng, J., He, B. (2004). Classifying EEG-based motor imagery tasks by means of time–frequency synthesized spatial patterns. *Clinical Neurophysiology*, 115 (12), 2744-2753.
6. Kam, T. E., Suk, H. I., Lee, S. W. (2013). Non-homogeneous spatial filter optimization for Electroencephalogram (EEG)-based motor imagery classification. *Neurocomputing*, 108, 58-68.
7. Tosun, M., & Kasım, Ö. (2020). Novel eye-blink artefact detection algorithm from raw EEG signals using FCN-based semantic segmentation method. *IET Signal Processing*, 14(8), 489-494.
8. Selim, S., Tantawi, M. M., Shedeed, H. A., Badr, A. (2018). A CSP\AM-BA-SVM Approach for Motor Imagery BCI System. *IEEE Access*, 6, 49192-49208.
9. Kumar, S. U., Inbarani, H. H. (2017). PSO-based feature selection and neighborhood rough set-based classification for BCI multiclass motor imagery task. *Neural Computing and Applications*, 28 (11), 3239-3258.
10. Rodríguez-Bermúdez, G., García-Laencina, P. J. (2012). Automatic and adaptive classification of electroencephalographic signals for brain computer interfaces. *Journal of medical systems*, 36 (1), 51-63.
11. Ge, S., Wang, R., Yu, D. (2014). Classification of four-class motor imagery employing single-channel electroencephalography. *PloS one*, 9 (6), e98019.
12. Yuyi, Z., Surui, L., Lijuan, S., Zhenxin, L., Bingchao, D. (2017). Motor imagery eeg discrimination using hilbert-huang entropy.
13. Kim, C., Sun, J., Liu, D., Wang, Q., Paek, S. (2018). An effective feature extraction method by power spectral density of EEG signal for 2-class motor imagery-based BCI. *Medical biological engineering computing*, 56 (9), 1645-1658.
14. Xie, X., Yu, Z. L., Lu, H., Gu, Z., & Li, Y. (2016). Motor imagery classification based on bilinear sub-manifold learning of symmetric positive definite matrices. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(6), 504-516.
15. Kevric, J., Subasi, A. (2017). Comparison of signal decomposition methods in classification of EEG signals for motor-imagery BCI system. *Biomedical Signal Processing and Control*, 31, 398-406.
16. Amin, S. U., Alsulaiman, M., Muhammad, G., Bencherif, M. A., Hossain, M. S. (2019). Multilevel weighted feature fusion using convolutional neural networks for EEG motor imagery classification. *IEEE Access*, 7, 18940-18950.
17. Jirayucharoenasak, S., S. Pan-Ngum ve P. Israsena, (2014). "EEG-Based Emotion Recognition Using Deep Learning Network with Principal Component Based Covariate Shift Adaptation," *The Scientific World Journal*, C. s. 10.
18. Zhang, Z., Duan, F., Sole-Casals, J., Dinares-Ferran, J., Cichocki, A., Yang, Z., Sun, Z. (2019). A novel deep learning approach with data augmentation to classify motor imagery signals. *IEEE Access*, 7, 15945-15954.
19. Sakai, A., Minoda, Y., & Morikawa, K. Data augmentation methods for machine-learning-based classification of bio-signals. In 2017 10th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON) (pp. 1-4). IEEE.
20. Brunner, C., Leeb, R., Müller-Putz, G., Schlögl, A., Pfurtscheller, G. (2008). BCI Competition 2008–Graz data set A. *Institute for Knowledge Discovery (Laboratory of Brain-Computer Interfaces)*, Graz University of Technology, 16.
21. Pigorini, A., Casali, A. G., Casarotto, S., Ferrarelli, F., Baselli, G., Mariotti, M., Rosanova, M. (2011). Time–frequency spectral analysis of TMS-evoked EEG oscillations by means of Hilbert–Huang transform. *Journal of neuroscience methods*, 198 (2), 236-245.
22. Alkan, A., Kiyimik, M. K. (2006). Comparison of AR and Welch methods in epileptic seizure detection. *Journal of Medical Systems*, 30 (6), 413-419.
23. Alhagry, S., Fahmy, A. A., El-Khoribi, R. A. (2017). Emotion recognition based on EEG using LSTM recurrent neural network. *Emotion*, 8 (10), 355-358.



Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Telefon Uygulaması ile Kan Şekeri Tahmini

Volkan Kılıç*

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3164-1981),
volkan.kilic@ikcu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950914)

ATIF/REFERENCE: Kılıç, V. (2021). Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Telefon Uygulaması ile Kan Şekeri Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 289-294.

Öz

Diyabet, insan vücudunda birçok hastalığı tetikleyen kronik bir hastalıktır. İnsan vücudunu olumsuz etkileyen diyabet için kritik şeker seviyeleri, hiperglisemi (yüksek kan şekeri) ve hipoglisemi (düşük kan şekeri) olarak adlandırılır. Kan şekerinin bu seviyelerin üstünde veya altında olması insan vücudunda çeşitli tahribatlara neden olmaktadır. Mevcut sistemler, kan şekerini sürekli ölçerek takip yapmakta olup, kritik seviyeler geçildikten sonra kullanıcıya uyarı vermektedir. Kullanıcının uyarının farketmesi, gerekli ilaç ve/veya tedbirleri almasına takiben kan şekeri istenilen seviyeye indirilebilmektedir. Bu durum, hasta vücudunun belirli bir süre kritik seviyelerde çalışmasına neden olmaktadır. Bu sorunun önüne geçebilmek için, kan şekerinin zaman içindeki değişiminden bir sonraki kan şekerinin değerini tahmin edebilecek ve böylelikle, kritik seviyelerine ulaşmadan hastayı uyarabilecek bir sistem geliştirilmiştir. Önerilen sistem, uzun-kısa süreli bellek (Long Short Term Memory-LSTM) tabanlı tekrarlayan sinir ağı (Recurrent Neural Network-RNN) ile zamanla değişen kan şekeri değerlerinden bir sonraki değeri tahmin edebilmektedir. Diyabet hastalarından elde edilen gerçek veriler ile eğitilen sistem, %95.6 doğruluğa karşılık gelen 3.72 mg/dl'den daha düşük bir hata ile kan şekerini tahmin edebilmiştir. Önerilen sistem, ayrıca, kendi geliştirdiğimiz *BffDiabetes* adlı Android uygulamamızla birleştirilmiştir. Uygulama, ölçülen kan şekeri değerini bir bulut sistemi üzerinden bir sonraki şeker seviyesini tahmin etmek için sunucuya gönderir. Sunucuda koşturulan LSTM tabanlı tahmin algoritmamız gelen değere bağlı olarak gelecek üç zaman adımı için şeker değerlerini hesaplar. Tahmin sonuçları, kan şekeri seviyesinin kritik aşamalara ulaşma eğiliminde olup olmadığını değerlendirmek için bulut sistemi üzerinden tekrar Android uygulamasına gönderilir. Bu eğilim tespit edilirse, uygulama hastayı gerekli önlemler için bir bildirimle uyarır. Böylelikle, kan şekerini ölçerek kablosuz (Bluetooth) aktarım yapan cihazlarla çalışabilecek bir platform diyabet hastalarının kullanımına sunulurken günlük hayat kalitelerinin artırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Tekrarlayan Sinir Ağı, LSTM, Akıllı Telefon, Android.

Artificial Intelligence based Blood Sugar Prediction with Smartphone Application

Abstract

Diabetes is a chronic disease that triggers many diseases in the human body. Critical sugar levels for diabetes, which negatively affects the human body, are referred to as hyperglycemia (high blood sugar) and hypoglycemia (low blood sugar). Blood sugar being above or below these levels causes various damages in the human body. Existing systems monitor blood sugar continuously, and alert the user after critical levels are passed. After the user notices the warning and takes the necessary medication and/or precautions, the blood sugar can be reduced to the desired level. This situation causes the patient's body to work at critical levels for a certain period of time. In order to avoid this problem, a system has been developed that can predict the value of the next blood sugar from the change in

* Sorumlu Yazar: volkan.kilic@ikcu.edu.tr

blood sugar over time and thus alert the patient before reaching critical levels. The proposed system can predict the next value from the time-varying blood sugar values with the Long Short Term Memory (LSTM) based recurrent neural network (RNN). Trained with real data from diabetes patients, the system was able to predict blood sugar with an error of less than 3.72 mg/dl, corresponding to 95.6% accuracy. The proposed system is also combined with our custom-designed Android application called *BffDiabetes*. The application sends the measured blood sugar value via a cloud system to the server to predict the next sugar level. Our LSTM-based prediction algorithm run on the server calculates sugar values for the next three time steps based on the incoming value. The prediction results are sent back to the Android app via the cloud system to assess whether the blood sugar level tends to reach critical stages. If this trend is detected, the application alerts the patient with a notification for necessary precautions. In this way, it is aimed to increase the quality of daily life by offering a platform that can work with devices that make wireless (Bluetooth) transmission by measuring blood sugar.

Keywords: Artificial Intelligence, Recurrent Neural Network, LSTM, Smartphone, Android.

1. Giriş

Diyabet, pankreas bezinin yeterli insülin hormonu üretmemesi veya ürettiği insülin hormonunun etkin bir şekilde kullanılamaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, besinlerden kan dolaşımına geçen şekerin seviyesi düzenlenememektedir (Association, 2014). Kan şekeri seviyesinin normal değerlerde tutulmaması, hastanın kalp, kan damarları, beyin ve böbrek gibi birçok organında hasara yol açmaktadır (Mercan, 2020; Mercan, Doğan, & Kılıç, 2020; Mercan & Kılıç, 2020).

Diyabet hastalarının yaşadığı sorunları en az indirmek ve yaşam konforunu artırmak için bir çok yardımcı araç geliştirilmiştir (Kap, Kilic, Hardy, & Horzum, 2021; Mercan, Kılıç, & Şen, 2021). Şeker ölçümlerinin daha iyi örneklenmesini sağlayan sürekli glikoz izleme (Continuous Glucose Monitoring-CGM) cihazları 5 dakikada bir kan şekeri seviyesini ölçerek mevcut tedavinin değerlendirmesine olanak sağlamaktadır (Strollo et al., 2021). Genel kullanımı sadece mevcut şeker seviyesi hakkında bilgi vermek olan bu cihazlar kullanıcıların taleplerini karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Özellikle akıllı telefon teknolojilerindeki son gelişmeler daha yetenekli platformların geliştirilmesini sağlamıştır. Kan şekeri değerinin akıllı telefon ekranında görüntülenmenin ötesinde yapay zeka yaklaşımlarıyla bir sonraki değer tahmini yapan uygulamalar oldukça talep görmektedir. Kan şekeri değerlerini tahmin etmeye dayalı birçok çalışma yapılmıştır (Bunescu, Struble, Marling, Shubrook, & Schwartz, 2013; Daskalaki, Prountzou, Diem, & Mougiakakou, 2012; Midroni et al., 2018; Mutlu & Kılıç, 2018; Pala & Yücedağ, 2016; Pérez-Gandía et al., 2010; Song, Cai, Li, Jiang, & He, 2019; Sun, Jankovic, Bally, & Mougiakakou, 2018; Wiley, 2011; Xie & Wang, 2018; Yahyaoui, Jamil, Rasheed, & Yesiltepe, 2019). Bir çalışmada, 30 ila 60 dakikalık kan şekerini tahmin etmek için klasik bir istatistiksel yöntem olan otoregresif entegre hareketli ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average) model tabanlı algoritma geliştirilmiştir (Song et al., 2019). Başka bir çalışmada, diyabet hastalarının kan şekeri tahminlerinin genelleştirilebilir özelliklerine sahip olduğu ancak başarı oranının yeterince yüksek olmadığı, hastaya özel tahminlerde başarı oranının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Yahyaoui et al., 2019). Diğer bir çalışmada, kan şekeri tahmini için makine öğrenme yöntemleri ile hem glikoz hem de insülin bilgisini besleyen gerçek zamanlı öğrenen tekrarlayan sinir ağı (Recurrent Neural Network-RNN) kullanılmıştır. Model, hem glikoz bilgisi hem de harici insülin girdisi olan bir otoregresif (Autoregressive-AR) modelini makine öğrenmesi yöntemleriyle birleştirerek klasik bir otoregresif modelden daha iyi performans göstermiştir (Daskalaki et al., 2012).

1990 yılında tedavi sürecinde hekimlere yardımcı olacak bir diyabet tahmin modeli geliştirilmesi amacıyla Ulusal Diyabet ve Sindirim ve Böbrek Hastalıkları Enstitüsü (National Institute of

Diabetes and Digestive and Kidney Diseases) tarafından, 768 T2D hastasından önemli bilgiler içeren veri seti oluşturulmuştur. Çalışmada C 5.0 karar ağacı algoritması uygulanarak 27 kural çıkarılmıştır (Pala & Yücedağ, 2016). Başka bir çalışmada, CGM verilerinden kan şekeri seviyelerini tahmin etmek için destek vektör regresyonu (Support Vector Regression-SVR) kullanılmıştır. Ancak çalışmada, düzenli bir kübik spline interpolasyonu kullanılarak düzeltilmiş veriler kullanılmıştır (Wiley, 2011). Kişiselleştirilmiş bir glikoz tahmini sağlamak için yemek, insülin ve egzersiz modellerini SVR yöntemini ile birleştiren başka bir çalışma önerilmiştir. Bu çalışmada derin öğrenme yöntemlerinin son zamanlarda oluşturulan yöntemlerden daha iyi performans verdiği gösterilmiştir (Bunescu et al., 2013). 2018 yılında yapılan araştırmaya göre kan şekeri değerlerinin tahmininde uzun kısa süreli bellek (Long Short Term Memory-LSTM) ve iki yönlü uzun kısa süreli bellek (Bidirectional Long Short Term Memory) yöntemleri kullanılarak derin sinir ağı (Deep Neural Network) ile sonuçlar alınmıştır (Sun et al., 2018). CGM ile elde edilen verileri girdi olarak alan ve 15, 30 ve 45 dakika seviyelerini geleceğe tahmin eden ileri beslemeli bir sinir ağı (Feedforward Neural Network-FNN) kullanılmıştır (Pérez-Gandía et al., 2010). Aşırı gradyan artırma (Extreme Gradient Boosting-XGBoost) özelliğini tahmin etme yöntemlerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır (Midroni et al., 2018). Otoregresyon eksojen (AutoRegressive Exogenous-ARX) girdiler, RNN'ler ve evrişimli sinir ağıları (Convolutional Neural Network) ile karşılaştırılmış ve daha basit ARX modellerinin Ohio kan şekeri tahmini yapılmıştır (Xie & Wang, 2018). Bu makalede, yapay zeka tabanlı akıllı telefon uygulaması ile diyabet hastaları için zamanla değişen kan şekeri değerlerini tahmin etmeye dayalı yöntem önerilmiş ve önerilen yöntem kendi tasarımı olan *BffDiabetes* akıllı telefon uygulamasıyla entegre edilmiştir. Uygulama ile diyabet hastalarına kan şekeri kritik seviyeye gelmeden önce akıllı telefon üzerinden uyarı bildirimleri gönderilmektedir. Aynı zamanda kullanıcılar güncel ve tahmin edilen şeker değerlerini istedikleri zaman takip edebilmeleri sağlanmıştır.

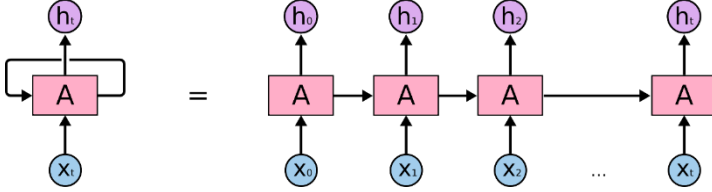
Bu makalenin geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de LSTM tabanlı RNN ile kan şekeri tahmini yapan yöntemimiz açıklanmıştır. Bölüm 3'te veri seti ve sonuçlar tartışıldıktan sonra vargılar ve gelecek çalışmalar Bölüm 4'te anlatılmıştır.

2. Önerilen Yöntem

Diyabet hastalarından elde edilen zamana bağlı veriler ile eğitilen LSTM tabanlı RNN kullanarak bir sonraki şeker değerini tahmin eden bir yöntemimiz bu bölümde önerilmiştir. LSTM ve RNN modelleri açıklandıktan sonra, sistemin entegre edildiği kendi tasarımı olan *BffDiabetes* Android uygulaması açıklanacaktır.

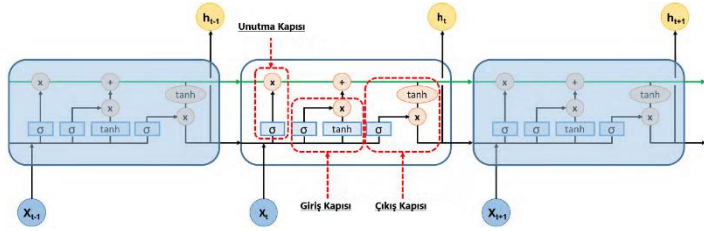
2.1. LSTM Tabanlı RNN ile Kan Şekeri Tahmini

RNN veri girişlerinden beslenir ve veri ağı girdiğinde, çıktı tekrar giriş olarak kullanılır. Şekil 1'de (Olah, 2021) gösterildiği gibi, bu çalışma şekli sinir ağında bir döngü oluşturarak hafızanın korunmasına yardımcı olur. Böylece önceki çıktı veya önceki giriş, bir sonraki çıktıyı tahmin etmede iyi bir ağırlığa sahip olur. Bu sayede, RNN modelleri dijital veri serilerini tahmininde avantaj sağlamaktadır.



Şekil 1. Genişletilmiş RNN yapısı

Şekildeki 'A' ağı tanımlarken, X_t giriş verisini ve h_t çıkışı belirtmektedir. RNN yaklaşımında girdi verilerindeki her bilgi, önceki çıktının değeri dikkate alınarak tekrar tekrar incelenir. Böylelikle önceki zamandaki bilgileri dikkate alan öğrenme gerçekleştirilmektedir. Fakat, RNN modelini eğitmek için kullanılan zaman içinde geri yayılım (Backpropagation Through Time-BTT) algoritması, ufukta gradyan (Gradient), patlama gradyanı (Detonation Gradient) ve uzun vadeli bağımlılık sorunlarına neden olmaktadır. Geleneksel RNN yapısında görülen kaybolan (vanishing) ve patlayan (exploding) gradyan problemleri LSTM yapısı ile çözülmektedir. Yapısı Şekil 2'de (Aliberti et al., 2019) gösterilen LSTM çalışma prensibi dört adımdan oluşmaktadır.



Şekil 2. LSTM diyagramı, burada X_t bir hücrenin girdisi ve h_t bir hücrenin çıktısıdır ((Aliberti et al., 2019)'dan uyarlanmıştır).

İlk adımda hangi bilgilerin gerekli olmadığını ve hücreden kaldırılacağını belirler. Bu kararı vermek için, Şekil 2'de gösterildiği gibi, unutma kapısı katmanı (forget gate layer) adı verilen sigmoid fonksiyon katmanı kullanılır. Bu işlemler, unutma kapısı katmanında (f_t) Denklem (1) kullanılarak gerçekleştirilir ve etkinleştirme işlevi olarak sigmoid kullanılır.

$$f_t = \sigma(W_f * [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (1)$$

Denklemden W_f unutma kapısı ağırlıklarını ve b_f unutma kapısı bayes değerini ifade etmektedir. İkinci adımda hücre durumunda hangi bilgilerin saklanacağına karar verilir. Hangi girişlerin güncelleneceği, "giriş kapısı katmanı (input gate layer)" adı verilen bir sigmoid katmanı ile belirlenir. Daha sonra duruma eklenebilecek yeni aday değerlerin vektörünü oluşturan tanh tabakası Şekil 2'de gösterildiği gibi kullanılır. İkinci adımda, yeni bilginin belirlendiği giriş katmanı etkinleştirilir ve ilk olarak bilgi (i_t) Denklem (2) kullanılarak sigmoid fonksiyonu ile güncellenir. Daha sonra Denklem (3) ile yeni bilgi oluşturacak aday bilgiler tanh fonksiyonu tarafından belirlenir.

$$i_t = \sigma(W_i * [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

$$C_t = \tanh(W_c * [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (3)$$

Denklemden W_i giriş kapısı ağırlıklarını, W_c hafıza hücresi (memory cell) ağırlıklarını, b_i giriş kapısı bayes değerini b_c hafıza hücresi bayes değerini ifade etmektedir. Üçüncü adımda, eski hücre durumu C_{t-1} , yeni hücre durumu C_t 'ye güncellenir. İlk olarak, eski durum, daha önce unutmaya karar verilen bilgileri unutarak f_t ile çarpılır. Daha sonra, Şekil 2'de gösterildiği gibi güncellenmeye karar verilen sonuçların her bir durumunun değerine göre ölçeklenen yeni aday değerleri veren C_t eklenir. Denklem (4) ile yeni bilgiler oluşturulur.

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * C_t \quad (4)$$

Son adımda, sigmoid katman, hücre durumunun hangi kısımlarının çıkarılacağına karar verilerek çalıştırılır. Daha sonra, hücre durumu tanh'dan geçirilir ve sigmoid kapının çıktısı ile çarpılır, böylece Şekil 2'de gösterildiği gibi yalnızca ihtiyaç duyulan kısımlar çıkarılır. Son olarak, çıktı katmanında (output gate layer) Denklem (5) ve (6) kullanılarak çıktı verileri elde edilir.

$$o_t = \sigma(W_{o,x} * X_t + W_{o,x} * h_{t-1} + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (6)$$

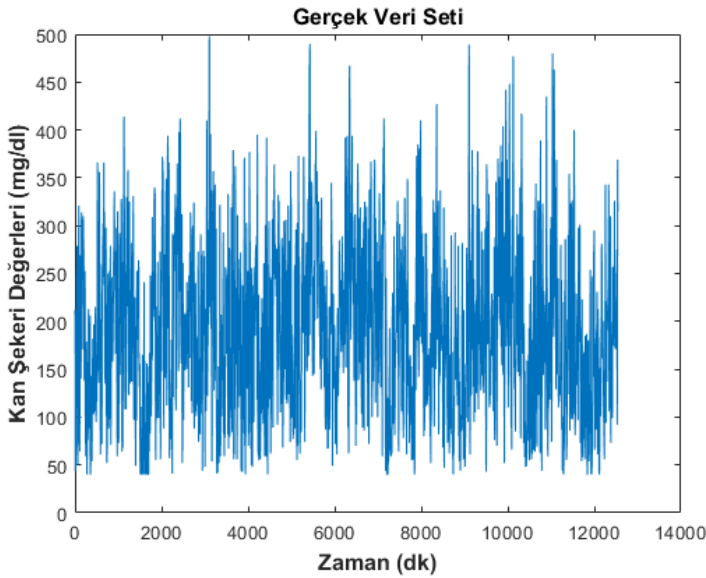
Denklemden o_t çıkış kapısı aktivasyon vektörünü, b_o çıkış kapısı bayes değerini tanımlamaktadır. Çalışmada kullanılan LSTM modelinde yalnızca bir nöron kullanılmıştır. LSTM nöronu tek sınıflı sınıflandırma problemini çözmeye çalıştığı için tek elemanlı bir çıktı vektörü vermektedir. Veri setindeki her bir bit değeri modele tek tek verilir ve modelin bu girdilerden tahminler yapması beklenir. Tahmin yapabilmek için $[t - 19, t]$ aralığındaki herhangi bir yerde herhangi bir zamanda t için dürtü bilgileri saklanacağı bir pencere (window) aralığı kullanılmıştır. LSTM sayesinde, gizli durum ve hücre durumu herhangi bir zamanda t değeri için $t + 1$ girişi kullanılır ve bu bilgiler daha sonraki zaman adımlarına aktarılabilir. 20 zaman adımında, gizli durum ve hücre durumu sıfırlanır ve önceki 20 adımdan tekrarlayan gradyan hesaplaması engellenir. Önemli bilgiler $[1, 20]$ dizisi içinde olduğundan, sıfırlama süresinin 20'ye atanması uygun görülmüştür. Reset periyodu için daha küçük bir sayı seçildiğinde, bilgiye ulaşmadan sıfırlama gerçekleşebilir ve daha büyük bir sayı seçildiğinde, gereksiz gradyan hesaplamaları yapılarak hesaplama maliyeti artırılması söz konusudur. Bu çalışmada kullanılan LSTM modeli ve ilgili parametreler Bölüm 3'te detaylı olarak anlatılmıştır.

2.2. Akıllı Telefon Uygulaması BffDiabetes

Önerdiğimiz kan şekeri tahmin yöntemi, diyabet hastalarının günlük hayatında kolay ve konforlu bir şekilde kullanabilmesi için, kendi tasarımı olan Android uygulamayla entegre edilmiştir. Kan şekeri ölçüm sensörleriyle Bluetooth üzerinden kablosuz haberleşebilen uygulamamız, ölçüm verilerinden elde ettiği bilgilerle bir sonraki kan şekerinin tahmin edilen değerini uygulamanın ekranında göstermektedir. Kritik seviyelere doğru eğilim başladığında kullanıcıya sesli ve görsel uyarı vermektedir. Android Studio platformunda Java dili kullanılarak geliştirilen uygulamamız, diyabet hastalığının ömür boyu tedavi gerektiren kronik bir hastalık olması nedeniyle *sonsuz den en iyi arkadaş (Bff)* esinlenerek, uygulamaya *BffDiabetes* adı verilmiştir. Sensörden gelecek verinin işlenip tahmin işleminin gerçekleştirilebilmesi için ilgili verinin bulut sistemi üzerinden sunucuya gönderilmesi gerekmektedir. Böylelikle, sunucuda

koşuturulan tahmin algoritması yeni değeri tahmin edebilecek ve bu değer tekrar bulut sistemi üzerinden *BffDiabetes* ekranında gösterilecektir. Bulut sistemi üzerinden veri transferi için Firebase Realtime Database kullanılmıştır.

Firebase Realtime Database, bulut tabanlı bir NoSQL (Yalnızca SQL Değil) veritabanı sistemidir. Herhangi bir SQL sorgusuna ihtiyaç duymadan JSON (JavaScript Object Notation) parametreleri ile yönetebilirler. Veri depolamaya ek olarak, eşzamanlı işlem ile veri değişikliklerinin anlık izlenmesine izin vermektedir (Li, Yen, Lin, Tung, & Huang, 2018; Moroney, 2017). Firebase Realtime Database, tüm verileri bir JSON nesnesi olarak ağaç yapısı olarak tutmaktadır. JSON ağacına veri eklenildiğinde, veriler JSON biçiminde bir düğüm haline gelir (Firebase, 2021). Bu şekilde uygulamaya uygun veriler döndürülür veya veritabanının eklenmesi, silinmesi veya güncellenmesi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Çalışmada Kullanılan Veri Seti

3. Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde, kullanılan veri seti açıklandıktan sonra kullanılan veri metrikleri ve deneysel sonuçlar tartışılmıştır.

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada, diyabet hastalarının kullandığı CGM cihazından beş dakikada bir alınan gerçek kan şekeri değerleriyle oluşturulan veri seti kullanılmıştır. Sürekli glikoz izleme cihazı sayesinde bu ölçümler dijital ortamda kayıt altına alınmıştır. Şekil 3'te gösterilen gerçek veri seti, toplamda her 5 dakikada bir gerçekleşen 14 günlük verilerden oluşmaktadır. Oluşturulan veri seti, zamanla değişen kan şekeri değerlerinden oluşur. Veri setinin %80'i eğitim, %20'si test için kullanılmıştır.

3.2. Sonuçlar

Bu çalışmada önerilen yöntemin performansını ölçmek için RMSE ve ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error-MAE) metrikleri kullanılmıştır. RMSE, bir model tarafından öngörülen değerler ile gerçekte gözlemlenen değerler arasındaki farkın sıklıkla kullanılan bir ölçüsüdür. MAE, orijinal veriler kullanılarak yapılan bir tahmin yönteminin, tahmin

doğruluğunun bir ölçüsüdür. Ayrıca, eğitimden elde edilen doğrulama (validation) ve test doğrulukları değerleri de Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Performans metrikleriyle modelin başarısının değerlendirilmesi

	RMSE (mg/dl)	MAE (mg/dl)	Doğrulama Doğruluğu	Test Doğruluğu
Önerilen Yöntem	3.72	4.14	95.60	94.20

Önerdiğimiz yöntemde, RMSE değeri 3.72 mg/dl ve MAE 4.14 mg/dl olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara ek olarak, doğrulama doğruluk değeri %95.60 ve test doğruluk değeri %94.20 elde edilmiştir. Deneysel, çift katmanlı LSTM katmanı kullanılarak 200 devir (epoch) ile gerçekleştirilmiştir. Adagrad'ı bir optimize edici olarak kullanırken, öğrenme hızı (Learning Rate) 0.001, bırakma (Dropout) 0.5 olarak belirlenmiştir. Hata işlevi için RMSE ve MAE kullanılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarda kıyaslanmış ve karşılaştırma Tablo 2'de verilmiştir. RMSE metriğine dayalı karşılaştırmada (Midroni et al., 2018) ve (Xie & Wang, 2018)'de sırasıyla 19.32 mg/dl ve 19.59 mg/dl gibi yüksek hata değerleri rapor edilmiştir. Önerdiğimiz çalışmaya en yakın sonuçlar (Pérez-Gandía et al., 2010) ve (Wiley, 2011)'de sırasıyla 4.13 mg/dl ve 4.50 mg/dl olmasına rağmen çalışmamızda elde edilen 3.72 mg/dl sonucunun gerisinde kalmaktadır. Bu karşılaştırma, önerdiğimiz yöntemin literatürdeki sonuçlara kıyasla daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamaktadır.

Tablo 2. Kan Şekeri Tahmin Çalışmaları

	Yöntem	RMSE (mg/dl)
(Wiley, 2011)	SVR	4.50
(Pérez-Gandía et al., 2010)	FNN	4.13
(Midroni et al., 2018)	XGBoost	19.32
(Xie & Wang, 2018)	ARX	19.59
Önerilen Yöntem	LSTM	3.72

Önerilen yöntem daha sonra *BffDiabetes* adlı Android uygulamamızla birleştirilmiştir. *BffDiabetes*, kullanıcı kaydı ve kullanıcı giriş ekranı, uygulama ana ekranı, gezinme çekmecesi menüsü, bildirim gönderme, grafikler, alarm yöneticisi, hatırlatıcı, mevcut durum ve tahmin edilen durum olmak üzere dokuz temel ekrana sahiptir. Uygulamanın temel ekran görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4a ve b'de gösterildiği gibi, kullanıcılar kayıt olma ve oturum açma aşamalarını tamamlayarak uygulamaya giriş yapabilmektedir. Kayıt olma aşamasında uygulamaya ilk kez giriş yapacak kullanıcılardan kayıt ekranındaki bilgileri doldurarak kayıt olmaları istenmektedir. Kayıt olma işlemi başarı ile tamamlandıktan sonra kullanıcılar giriş ekranına gelerek uygulamaya giriş yapabilirler. Uygulamaya giriş yapılırken Android Studio'nun SharedPreferences özelliği kullanılmıştır. Böylece, oturum açmış kullanıcılar uygulamadan manuel olarak çıkış yapmadıkları sürece kaldıkları yerden devam edebilmektedirler. Kullanıcı giriş yaptığında, ana ekranda diyabet hakkında bilgi sahibi olabilecekleri makaleler ve kısa videolar yer almaktadır. Kullanıcıların uygulama içinde istediklerine hızlı bir şekilde ulaşmalarını sağlamak için yandan açılır ekran (Navigation Drawer) eklenmiştir.



Şekil 4. BffDiabetes uygulamasının temel ekranları şunlardır: (a)'da giriş ekranı, (b)'de kayıt ekranı, (c)'de yandan açılır ekran (navigation drawer), (d)'de normal değerler için ana ekran, (e)'de grafik görüntüleme ekranı, (f)'de normal değerler için durum taraması, (g)'de normal değerler için tahmin edilen durum taraması, (h)'de diyabet değerleri için ana ekran, (i)'de diyabet değerleri için mevcut durum taraması, (j)'de diyabet değerleri için tahmini durum taraması

Şekil 4c'de görüldüğü gibi uygulama, alarm, hatırlatma ve dünyadaki diyabet hastalığı ile ilgili güncel bilgilere ulaşmak için Diabetes.org sitelere erişim kolaylığı sağlamaktadır. Kullanıcı bu ekran ile Şekil 4d'de gitmek istediği sayfayı kolaylıkla bulabilir, LSTM modeli kullanılarak elde edilen tahmin edilen değerler ve mevcut değerler ekrana gelebilir. Algoritmamız 5, 10 ve 15 dakika ilerisi için Şekil 4d'de gösterildiği üzere tahminler üretmektedir. Yapılan tahminlere dayalı grafikler Şekil 4e'de gösterildiği üzere, kullanıcıların analiz etmesi kolaylaştırmak için verilmiştir. Şekil 4f ve g'de gösterildiği gibi, iki ayrı sayfa mevcut değerler ve tahmin edilen değerler görülebilmektedir. Bunların yanı sıra emoji ve püf noktaları kullanılarak kullanıcının anlık durumu yorumlaması kolaylaştırılmıştır. Şekil 4d ve h'de gösterilen resimler sırasıyla karşılaştırıldığında, ilk resim normal durumdaki değerleri gösterirken, ikinci resim kullanıcının o anki durumunun diyabetli olduğunu göstermektedir. Dairesel ilerleme çubuğu normal durumlar için yeşil görünürken, diyabet ve hipoglisemide durumunda kırmızı olmaktadır. Benzer durumlar Şekil 4i ve j'de diyabetin olduğu vakalar için gösterilmiştir. Tahmin edilen kan şekeri değeri diyabet bulgusu olduğunda kullanıcıya uyarı mesajı

gönderilmektedir. Kullanıcıya akıllı telefonun bildirim küpünden bir sesli ve titreşimli bilgi mesajı verilmektedir.

4. Vargılar

Bu çalışmada, kan şekeri değerini tahmin etmek için LSTM tabanlı RNN modeli önerilmiştir. Önerilen modeli eğitmek ve performans değerlendirmesi yapmak için her 5 dakikada bir diyabetik hastalardan alınan veriler toplanmıştır. Bu veriler eğitim ve test seti olarak iki gruba ayrılmıştır. Eğitim verileri sadece modelin öğrenme sürecinde kullanılırken, test verileri modelin performans değerlendirmesi için kullanılmıştır. Performans metrikleri analiz edildiğinde, RMSE 3.72 mg/dl, MAE 4.14 mg/dl, doğrulama doğruluğu %95.6 ve test doğruluğu %94.2 olarak elde edilmiştir. Önerilen model Android uygulaması BffDiabetes'e entegre edilerek diyabet hastalarının kullanımına sunulmuştur. Son olarak, gelecekte çalışmalarda kan şekeri değerini tahmin etmek için insülin, bazal metabolizma, uyku durumu, açlık ve yemek sonrası kan şekeri vb. özellikler değerlendirilerek model geliştirilecektir. Meta sezgisel algoritmalar kullanılarak LSTM modelinin parametrelerinin optimize edilmesi hedeflenilmektedir.

Kaynakça

- Aliberti, A., Pupillo, I., Terna, S., Macii, E., Di Cataldo, S., Patti, E., & Acquaviva, A. (2019). A multi-patient data-driven approach to blood glucose prediction. *J IEEE Access*, 7, 69311-69325.
- Association, A. D. (2014). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *J Diabetes care*, 37(Supplement 1), S81-S90.
- Bunescu, R., Struble, N., Marling, C., Shubrook, J., & Schwartz, F. (2013). *Blood glucose level prediction using physiological models and support vector regression*. Paper presented at the 2013 12th International Conference on Machine Learning and Applications.
- Daskalaki, E., Proutzou, A., Diem, P., & Mougiakakou, S. G. (2012). Real-time adaptive models for the personalized prediction of glycemic profile in type 1 diabetes patients. *J Diabetes technology therapeutics*, 14(2), 168-174.
- Firestore. (2021). Firestore Realtime Database. Retrieved from <https://firebase.google.com/docs/database>
- Kap, Ö., Kilic, V., Hardy, J. G., & Horzum, N. (2021). Smartphone-based colorimetric detection systems for glucose monitoring in the diagnosis and management of diabetes. *J Analyst*.
- Li, W.-J., Yen, C., Lin, Y.-S., Tung, S.-C., & Huang, S. (2018). *JustIoT Internet of Things based on the Firestore real-time database*. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial & Logistics Engineering (SMILE).
- Mercan, Ö. B. (2020). *Deep Learning based Colorimetric Classification of Glucose with Au-Ag nanoparticles using Smartphone*. Paper presented at the 2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO).
- Mercan, Ö. B., Doğan, V., & Kılıç, V. (2020). *Time Series Analysis based Machine Learning Classification for Blood Sugar Levels*. Paper presented at the 2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO).
- Mercan, Ö. B., & Kılıç, V. (2020). *Fuzzy classifier based colorimetric quantification using a smartphone*. Paper presented at the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems.
- Mercan, Ö. B., Kılıç, V., & Şen, M. (2021). Machine learning-based colorimetric determination of glucose in artificial saliva with different reagents using a smartphone coupled μ PAD. *J Sensors Actuators B: Chemical*, 329, 129037.
- Midroni, C., Leimbögl, P., Baruah, G., Kolla, M., Whitehead, A., & Fossat, Y. (2018). *Predicting glycemia in type 1 diabetes patients: experiments with xg-boost*. Paper presented at the KHD@ IJCAI.
- Moroney, L. (2017). The firebase realtime database. In *The Definitive Guide to Firebase* (pp. 51-71): Springer.
- Mutlu, A. Y., & Kılıç, V. (2018). *Machine learning based smartphone spectrometer for harmful dyes detection in water*. Paper presented at the 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- Olah, C. (2021). Understanding LSTM Networks. Retrieved from <https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/>
- Pala, T., & Yücedağ, İ. (2016). *Veri Madenciliği Tekniklerinden Sınıflandırma Kullanılarak Tip 2 Diyabet Tanısı*. Paper presented at the International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium.
- Pérez-Gandía, C., Facchinetti, A., Sparacino, G., Cobelli, C., Gómez, E., Rigla, M., . . . Hernandez, M. (2010). Artificial neural network algorithm for online glucose prediction from continuous glucose monitoring. *J Diabetes technology therapeutics*, 12(1), 81-88.
- Song, W., Cai, W., Li, J., Jiang, F., & He, S. (2019). *Predicting Blood Glucose Levels with EMD and LSTM Based CGM Data*. Paper presented at the 2019 6th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI).
- Strollo, F., Furia, A., Verde, P., Bellia, A., Grusso, M., Mambro, A., . . . Gentile, S. (2021). Technological innovation of Continuous Glucose Monitoring (CGM) as a tool for commercial aviation pilots with insulin-treated diabetes and stakeholders/regulators: A new chance to improve the directives? *%J diabetes research clinical practice*, 172.
- Sun, Q., Jankovic, M. V., Bally, L., & Mougiakakou, S. G. (2018). *Predicting blood glucose with an LSTM and Bi-LSTM based deep neural network*. Paper presented at the 2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL).
- Wiley, M. T. (2011). *Machine learning for diabetes decision support*. Ohio University,
- Xie, J., & Wang, Q. (2018). *Benchmark machine learning approaches with classical time series approaches on the blood glucose level prediction challenge*. Paper presented at the KHD@ IJCAI.
- Yahyaoui, A., Jamil, A., Rasheed, J., & Yesiltepe, M. (2019). *A decision support system for diabetes prediction using machine learning and deep learning techniques*. Paper presented at the 2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK).



Haber Metinlerinden Sosyo-ekonomik ve Epidemiyolojik Konuların Metin Madenciliğine Dayalı Belirlenmesi

Aytuğ Onan^{1*}

¹ İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9434-5880)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.957004)

ATIF/REFERENCE: Onan, A. (2021). Haber metinlerinden sosyo-ekonomik ve epidemiyolojik konuların metin madenciliğine dayalı belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 295-300.

Öz

Bilgi teknolojilerindeki ilerlemeler ile, Web'te aralarında sosyo-ekonomik ve epidemiyolojik konuların da yer aldığı birçok konuda önemli boyutta metin belgeleri paylaşılmaktadır. İnternetteki çeşitli platformlarda paylaşılan haber makaleleri, hastalık raporları ve haber bültenleri gibi metin-tabanlı paylaşımlar, ortaya çıkan bulaşıcı hastalık salgınlarının erken tespiti için de önemli bir bilgi kaynağı niteliğine sahiptir. Bu bilgi, web tabanlı biyo-gözetim sistemleri geliştirilmesi için de son derece kritik önem taşımaktadır. Webte yayınlanan haber makalelerinin sayısının sürekli olarak artması, bu kaynaklarının hastalık, salgın ve sosyo-ekonomik faktörleri önceden belirlemede kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, etkin bir web tabanlı biyogözetim sistemi geliştirilmesi için, haber metinlerini uygun konulara hızlı ve yüksek başarımla ile atayan metin madenciliği ve makine öğrenmesi tabanlı sistemlere gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, hayvanlar üzerinde viral bir hastalık olan ASF ve sosyo-ekonomik konularda haber metinleri içeren bir derlem üzerinde temel makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmalarının, sınıflandırıcı topluluğu mimarilerinin ve temel metin temsil yöntemlerinin başarımları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Haber metinlerinin temsil edilmesinde üç temel n-gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, terim sıklığı, terim varlığı ve TF-IDF terim ağırlıklandırma yaklaşımları ile birarada kullanılarak toplam dokuz farklı metin temsili elde edilmiştir. Elde edilen metin temsilleri, dört temel sınıflandırma algoritması olan Naive Bayes algoritması, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu algoritması ve lojistik regresyon algoritmaları ile değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, torbalama yöntemi, yükseltme yöntemi, rastgele alt-uzay yöntemi ve çoğunluk oylaması algoritması kullanılarak, haber metinlerinden sosyo-ekonomik ve epidemiyolojik konuların saptanmasında, topluluk öğrenme yöntemlerinin etkinlikleri de analiz edilmiştir. Deneysel analizlerde kullanılan temel sınıflandırıcılar arasında en yüksek başarımla Naive Bayes algoritması ile topluluk öğrenmesi mimarileri arasında en yüksek başarımla ise rastgele alt-orman algoritmasının Naive Bayes ile kullanılmasıyla elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar, metin madenciliği ve makine öğrenmesi yöntemlerinin salgın hastalıkların erken belirlenmesi için kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Metin madenciliği, Makine öğrenmesi, Topluluk öğrenmesi.

Identification of Socio-economic and Epidemiological Issues from News Texts Based on Text Mining

Abstract

With the advances in information technologies, important text documents are shared on the Web on many topics, including socio-economic and epidemiological issues. Text-based posts, such as, news articles, disease reports and news bulletins shared on various platforms on the Internet are also important sources of information for early detection of emerging infectious disease outbreaks. This information is also critical for the development of web-based bio-surveillance systems. The continuous increase in the number of news articles published on the web makes it difficult to use these sources to predict disease, epidemic and socio-economic factors. Therefore, in order to develop an effective web-based bio-surveillance system, text mining and machine learning-based systems are required that assign news texts to appropriate topics with high predictive performance and speed. In this study, the performance of

* Sorumlu Yazar: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9434-5880, aytug.onan@ikcu.edu.tr

conventional machine learning classifiers, ensemble learning architectures and conventional text representation methods were evaluated comparatively on a collection of ASF, a viral disease on animals, and news texts on socio-economic issues. A total of nine different text representations were obtained by using three basic n -gram model (1-gram, 2-gram and 3-gram) representations, term frequency, term existence and TF-IDF term weighting approaches to represent news texts. The text representations obtained were evaluated using five basic classification algorithms, namely, Naive Bayes algorithm, support vector machines, k-nearest neighbor algorithm, and logistic regression algorithms. In addition, the predictive performances of ensemble learning methods (namely, Bagging method, Boosting method, random subspace method and majority voting algorithm) have been evaluated on the identification of socio-economic and epidemiological issues from news texts. Among the basic classifiers used in experimental analysis, the highest performance was obtained with Naive Bayes algorithm and community learning architectures, while the highest performance was obtained by using the random sub-forest algorithm with Naive Bayes. Experimental results show that it is appropriate to use text mining and machine learning methods for early detection of epidemics.

Keywords: Text mining, Machine learning, Ensemble learning.

1. Giriş

Bilgi teknolojilerindeki ilerlemeler ile Web'te aralarında sosyo-ekonomik ve epidemiyolojik konuların da yer aldığı birçok konuda önemli boyutta metin belgeleri paylaşmaktadır. İnternetteki çeşitli platformlarda paylaşılan haber makaleleri, hastalık raporları ve haber bültenleri gibi metin-tabanlı paylaşımlar, ortaya çıkan bulaşıcı hastalık salgılarının erken tespiti için de önemli bir bilgi kaynağı niteliğine sahiptir. Bulaşıcı hastalık salgılarıyla ilgili dünyadaki ilk haberlerin önemli bir bölümün İnternetteki çeşitli mecralarda oluşturulan gayri resmi paylaşımlardan geldiği gözlenmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından incelenen neredeyse tüm büyük salgıların ilk olarak İnternetteki gayri resmi kaynaklar üzerinden paylaşıldığı tespit edilmiştir [1]. Bu bilgi, web tabanlı biyo-gözetim sistemleri geliştirilmesi için de son derece kritik önem taşımaktadır. Web tabanlı, olay güdümlü biyo-gözetim ya da dijital hastalık tespit sistemleri, insan, hayvan ve bitkiler üzerindeki bulaşıcı hastalıklara ek olarak insanlığı etkileyen kimyasal, radyolojik ve nükleer tehditlere yönelik erken uyarı ve farkındalık sağlamak amacıyla, çeşitli web tabanlı kaynaklardan erişilen yapılandırılmamış verileri kullanır [2]. Web tabanlı biyogözetim sistemleri, geleneksel gösterge temelli halk sağlığı sürveyans yöntemlerine, gerçek zamanlı tamamlayıcı sistemler olma özelliği taşımaktadır. Bu açıdan hem hükümet organizasyonları hem de halk sağlığı uzmanları, sağlık çalışanları ve kamu ile özel sektör için salgın yönetiminin etkin ve uygun bir şekilde yönetimini olanaklı kılar [3]. Web tabanlı, olay güdümlü biyo-gözetim sistemleri, İnternet teknolojilerindeki ilerlemeler ile, epidemiyolojik verilerin izlenmesi ve modellenmesi için oldukça önemli bir karar destek sistemi haline gelmiştir. Salgın gözetiminin web tabanlı biyogözetim sistemleri aracılığıyla yapılması ile aralarında sosyal medya platformlarının da yer aldığı birçok İnternet mecrasında kullanıcılar bireysel olarak halk sağlığı olaylarına yönelik bildirimlerde bulunabilmektedir. Bu, halk sağlığı bilgilerinin tek elden kontrolünü olanaksız hale getirmekte, böylelikle, salgın hastalıklara yönelik paylaşımların, raporlamaların saklanması ya da geciktirilmesi önemli ölçüde zorlaşmaktadır [4]. Buna ilaveten, web tabanlı biyo-gözetim sistemleri, salgın bildirim öncesi, protokol ya da doğrulayıcı herhangi bir teste gereksinim duymadığından, geleneksel gözetim sistemlerine kıyasla, salgına ilişkin çok daha hızlı bildirim sağlama niteliğine sahiptir [5].

Etkin bir web tabanlı biyogözetim sistemi geliştirilmesi için, haber metinlerini uygun konulara hızlı ve yüksek başarımla ile atayan metin madenciliği ve makine öğrenmesi tabanlı sistemlere gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, hayvanlar üzerinde viral bir hastalık olan ASF ve sosyo-ekonomik konularda haber metinleri içeren bir derlem üzerinde temel makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmalarının, sınıflandırıcı

topluluğu mimarilerinin ve temel metin temsil yöntemlerinin başarımları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Haber metinlerinin temsil edilmesinde üç temel n -gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, terim sıklığı, terim varlığı ve TF-IDF terim ağırlıklandırma yaklaşımları ile birarada kullanılarak toplam dokuz farklı metin temsili elde edilmiştir. Elde edilen metin temsilleri, dört temel sınıflandırma algoritması olan Naive Bayes algoritması, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu algoritması ve lojistik regresyon ile değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, torbalama yöntemi, yükseltme yöntemi, rastgele alt-uzay yöntemi ve çoğunluk oylaması algoritması kullanılarak, haber metinlerinden sosyo-ekonomik ve epidemiyolojik konuların saptanmasında, topluluk öğrenme yöntemlerinin etkinlikleri de analiz edilmiştir. Deneysel analizlerde kullanılan temel sınıflandırıcılar arasında en yüksek başarımla Naive Bayes algoritması ile topluluk öğrenmesi mimarileri arasında en yüksek başarımla ise rastgele alt-orman algoritmasının Naive Bayes ile kullanılmasıyla elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar, metin madenciliği ve makine öğrenmesi yöntemlerinin salgın hastalıkların erken belirlenmesi için kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Çalışmanın geri kalanı şu şekildedir: İkinci bölümde ilgili çalışmalar, üçüncü bölümde çalışmanın metodolojisi, dördüncü bölümde deneysel sonuçlar ve tartışma, beşinci bölümde ise temel sonuçlar tartışılmaktadır.

2. İlgili Çalışmalar

Web tabanlı biyogözetim sistemleri ile ilgili temel çalışmalardan biri, 1997 yılında Kanada'da Dünya Sağlık Örgütü iş birliği ile hayata geçirilen küresel halk sağlığı istihbarat ağı (global public health intelligence network) projesidir [6]. Bu proje, dünya çapında olası hastalıkları ve diğer sağlık tehditlerini tespit etmeye ve bildirmeye yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Sistem, İnternette aralarında haber paylaşım sistemlerinin de yer aldığı yaklaşık 32,000 civarındaki kaynaklardan, dokuz farklı dilde veri toplayarak, salgın hastalıkların izlenmesi ve gözetimi sürecini yürütmektedir [7]. Web tabanlı biyogözetime yönelik olarak gerçekleştirilen bir diğer proje, Avrupa Komisyonu'nun ortak araştırma merkezi tarafından 2014 yılında hayata geçirilen tıbbi bilgi sistemi projesidir. Bu proje, dünya çapında olası salgın hastalıklara yönelik gözetim gerçekleştirmek amacıyla, yüzün üzerinde tıbbi web sitesi ve bin civarında haber paylaşım sitesinden elde edilen kırk farklı dilde verileri toplamaktadır [8, 9]. Benzer şekilde, ABD'deki Georgetown Üniversitesi Tıp Fakültesi bünyesinde gerçekleştirimi yapılan Argus projesinde, Dünya genelinde gözlemlenen insan, bitki ya da hayvan sağlığını tehdit etme potansiyeli bulunan salgın hastalıklara yönelik biyogözetim gerçekleştirilmektedir. Bu proje kapsamında, aralarında Dünya Sağlık Örgütü gibi resmi kaynakların da bulunduğu kaynaklardan bulaşıcı hastalıklara yönelik olarak haber

verilerinin toplanması, toplanan verilerin, uygun kavramlara, arama terimlerine ve sorgulara uygunluklarına dayalı olarak yorumlanması yapılmaktadır. Argus sistemi, kırkın üzerinde farklı dilde toplanan makale ve diğer kaynaklardan verileri işlemektedir [10]. Web tabanlı biyogözetim alanında gerçekleştirilen bir diğer proje, 2006 yılında Boston Çocuk Hastanesi tarafından gerçekleştirimi yapılan HealthMap projesidir [6]. Bu proje, sürekli olarak veri eklenen bir tıbbi sözlükten insan, bitki ve hayvan hastalıkları ile coğrafi isimlere yönelik veri almaktadır. Sistemin veri kaynağını, Google haberler, biyogözetim raporları ve onaylanmış resmi uyarı ve duyurular gibi birçok farklı kaynaktan elde edilmiş veriler oluşturmaktadır. Proje kapsamında, makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmaları kullanılarak, makaleler hastalık ve konuma göre uygun konulara atanmakta, otomatik olarak etiketlenmekte ve coğrafi bir harita üzerinde görsel olarak sunulmaktadır [11]. Benzer biçimde, 2013 yılında Melbourne Üniversitesi tarafından uluslararası biyolojik gözetim sistemi adı verilen bir biyogözetim sistemi gerçekleştirimi yapılmıştır. Bu proje kapsamında, arama motorlarından elde edilen genel arama örüntüleri, haber metinleri ve bloglar üzerinde yapılan paylaşımlar veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Böylelikle, bitki ve hayvanlara yönelik bulaşıcı hastalıkların erken tespiti ve gözetimi yapılmaktadır [12].

Metin sınıflandırma, bir metin belgesini bir veya daha fazla önceden tanımlanmış sınıfa veya kategoriye atayan, metin madenciliğinin önemli bir alt alanıdır [13]. Metin madenciliği, web sayfası sınıflandırma [14], duygu analizi [15-20], istenmeyen belgelerin filtrelenmesi [21] ve metin türü belirleme [22] gibi birçok farklı alanda başarıyla uygulanmaktadır. Etkin bir web tabanlı biyogözetim sistemi geliştirilmesi için, metin belgelerinin uygun konulara yüksek başarımla atanması önem taşımaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında ilgili problem için temel metin temsil yöntemleri ve sınıflandırma algoritmalarının etkinlikleri değerlendirilmektedir.

3. Metodoloji

Bu bölümde, çalışmada kullanılan temel metin temsil yöntemleri, temel sınıflandırma algoritmaları ve topluluk öğrenmesi algoritmalarına değinilmektedir.

3.1. Metin Belgelerinin Temsili

Metin madenciliği alanında yapılan çalışmalarda, metin belgelerinin temsili en yaygın kullanıma sahip modellerden biri n -gram metin temsil yöntemidir. Bir n -gram, verilen bir metin belgesi örneğinden, n öğeden oluşan bitişik bir dizidir. Hece, harf, kelime ve karakter gibi öğeler bu şekilde modellenebilir. Kelime tabanlı n -gram modelleri ve karakter tabanlı n -gramlar, doğal dil işlemede sıklıkla kullanılmaktadır [23]. N -gram boyutu bir olarak alındığında "unigram" olarak, n -gram boyutu iki olarak alındığında "bigram" ve n -gram boyutu üç olarak alındığında "trigram" olarak adlandırılır. Bu çalışmada, kelime tabanlı n -gram modelleme kullanılarak, unigram, bigram ve trigram temsilleri elde edilmiştir. Metin belgelerinin sınıflandırmak için, vektör uzay modelinde, terim varlığı (TP), terim sıklığı (TF) ve TF-IDF ağırlıklandırma ölçütü dikkate alınarak toplam dokuz farklı metin temsil konfigürasyonu ele alınmıştır.

3.2. Temel Sınıflandırma Algoritmaları

Çalışma kapsamında, dört temel sınıflandırma algoritması (Naive Bayes algoritması, destek vektör makineleri, k -en yakın komşu algoritması ve lojistik regresyon algoritması) değerlendirilmiştir. Bu bölümün geri kalanında, ilgili öğreticili öğrenme algoritmaları kısaca tanıtılmaktadır.

3.2.1. Naive Bayes algoritması

Naive Bayes algoritması (NB), Bayes teoremine dayalı olasılık tabanlı temel bir öğrenme algoritmasıdır. NB algoritması, öğrenme modelini kurgularken, veri setinde yer alan özniteliklerin sınıf etiketini belirlemede birbirlerinden bağımsız olduğu varsayımı olan koşullu bağımsızlık varsayımına dayanır. Algoritmanın, koşullu bağımsızlık varsayımına dayanması ve basit yapısına karşın, metin madenciliği, istenmeyen e-posta filtreleme ve web madenciliği gibi birçok alanda daha karmaşık yapıya sahip öğrenme algoritmalarıyla rekabet edebilir performanslar gösterdiği gözlenmektedir [13, 14].

3.2.2. Destek vektör makineleri algoritması

Destek vektör makineleri (SVM), sınıflandırma ve regresyon uygulamalarında kullanılabilen öğreticili bir öğrenme yöntemidir. SVM hem doğrusal hem de doğrusal olmayan sınıflandırma problemlerinde başarıyla uygulanabilmektedir [24]. Destek vektör makineleri, sınıflandırma sürecini temelde veri setini daha yüksek boyutlu bir hiper düzlem oluşturacak şekilde bölümlenerek gerçekleştirir. Burada hiper düzlemin temel amacı, sınıfların en yakın eğitim örneklerine maksimum mesafeye ulaşarak iyi bir ayırım elde etmektir, buna işlevsel sınır adı verilir.

3.2.3. K -en yakın komşu algoritması

K -en yakın komşu algoritması (KNN), örnek tabanlı bir sınıflandırma algoritmasıdır. KNN algoritmasında, sınıf etiketi belirlenmek istenen örnek için, öncelikle veri setinden k tane en yakın (en benzeyen) örnek belirlenir. Ardından, sınıflandırılmak istenen örnek, en yakın komşularının sınıf etiketlerinin çoğunluk oylamasına dayalı olarak sınıf etiketine atanır.

3.2.4. Lojistik regresyon algoritması

Lojistik regresyon (LR) algoritması, meydana gelen herhangi bir olayın olasılığını modellemek için yordayıcı değişkenler arasında doğrusal bir fonksiyon kullanan temel bir öğrenme algoritmasıdır [23]. Lojistik regresyon algoritmasında, sınıf etiketlerinin belirlenmesinde kullanılan olasılık değeri, doğrudan parametreler üzerinde doğrusal fonksiyona dayalı olarak hesaplanır.

3.3. Topluluk Öğrenmesi Algoritmaları

Topluluk öğrenme algoritmaları, sınıflandırılacak olan örneklere sınıf etiketini, tek bir sınıflandırma algoritması yerine birden fazla öğrenme algoritmasının çıktısına göre atamaya yönelik bir makine öğrenmesi çalışma alanıdır. Topluluk öğrenme algoritmalarının, temel sınıflandırıcı algoritmalarına kıyasla, genelleştirme yeteneklerinin daha iyi olması ve aşırı uygunluk gösterme risklerinin daha düşük olması beklenmektedir [25]. Bu bölümün geri kalanında, çalışmada kullanılan topluluk öğrenmesi algoritmaları kısaca tanıtılmaktadır.

3.3.1. Torbalama algoritması

Torbalama algoritması (Bagging algoritması), eğitim setini öncelikle, rastgele yeniden yerine koyma ile altkümelere ayırır. Ardından, altkümeler üzerinde temel öğrenme algoritmaları eğitilerek öğrenme modelleri oluşturulur. Temel öğrenme algoritmalarının çıktıları ise, çoğunluk oylamasına tabi tutularak, sınıflandırılmak istenen örneğin sınıf etiketi belirlenmiş olur [26].

3.3.2. Destekleme algoritması

Destekleme algoritması, temel öğrenme algoritmalarının, farklı dağılımlara sahip eğitim setleri üzerinde yinelemeli olarak eğitilmesi ve ardından temel öğrenme algoritmaları sonucu elde edilen öğrenme modellerinin birleştirilmesi ile tek bir güçlü sınıflandırıcı elde edilmesi amacını taşır [27]. AdaBoost (adaptif destekleme) algoritmasında, sınıflandırılması zor olan örnekler daha fazla odaklanmak amacıyla, ilgili örneklerin ağırlık değerleri yinelemeli olarak artırılır. Deneysel analizlerde, AdaBoost algoritması kullanılmıştır.

3.3.3. Rastgele alt-uzay algoritması

Rastgele alt-uzay algoritması (RS), torbalama algoritmasında olduğu gibi eğitim setinden örneklemeler alınarak temel öğrenme algoritmalarının eğitildiği bir topluluk öğrenmesi algoritmasıdır. Ancak, burada, eğitim setinden farklı altkümelerin elde edilmesinde, örnek tabanlı değil, öznitelik uzayı tabanlı bölümlenme gerçekleştirilir [28].

3.3.4. Çoğunluk oylaması algoritması

Sınıflandırma algoritmalarının birleştirilmesinde yaygın kullanıma sahip birleştirme kurallarından biri çoğunluk oylamasıdır. Burada, sınıflandırıcı topluluğunu oluşturan temel öğrenme algoritmalarının çıktılarını çoğunluk oylama tabi tutularak en yüksek oyu alan sınıf etiketinin, topluluğun sınıf etiketi olarak alınması söz konusudur [15].

4. Deneysel Süreç ve Sonuçlar

Bu bölümde, deneysel analizlerde kullanılan veri seti, gerçekleştirimde kullanılan yöntemler ve deneysel sonuçlara ilişkin bilgiler sunulmaktadır. Deneysel analizlerde, ASF derlemi kullanılmıştır. ASF derlemi, hayvanlar üzerinde viral bir hastalık olan ASF ve sosyo-ekonomik konularda haber metinleri içeren bir derlemdir [29]. ASF derlemi, epidemiyolojik konular ile ilgili 69 haber içermektedir. Bu haberler, ASF şüphesi ile ilgili, çeşitli hayvanlarda bilinmeyen hastalık ya da açıklanamayan klinik bulgulara ilişkin temel verileri içeren metinlerden oluşmaktadır. Benzer şekilde veri setinde, ASF salgınının bir ülke ya da bölge üzerindeki sosyo-ekonomik etkisi hakkında 69 haber içeren ikinci bir kategori bulunmaktadır. Deneysel analizlerde kullanılan temel öğrenme algoritmalarının ve topluluk öğrenme algoritmalarının gerçekleştirimi Python dili kullanılarak scikit-learn kütüphanesi aracılığıyla yapılmıştır. Deneysel analizlerde, öğrenme algoritmaları, 10-kat çapraz geçişleme kullanılarak, doğru sınıflandırma oranına dayalı olarak değerlendirilmiştir. Tablo 1'de temel sınıflandırma algoritmaları ile ve çoğunluk oylaması ile elde edilen deneysel sonuçlar, Tablo 2'de ise topluluk öğrenmesi algoritmaları ile elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Deneysel analizlerde ele alınan dokuz temel metin temsiline ilişkin sonuçlar incelendiğinde, en yüksek başarımın TF-IDF ağırlıklandırma temsili ve bigram n-gram modeli ile elde edildiği görülmektedir. TF-IDF ağırlıklandırma yönteminin, terim sıklığı ya da terim varlığına dayalı temsile kıyasla daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir. Temel öğrenme algoritmaları arasında, en yüksek başarım Naive Bayes algoritması ile elde edilmektedir. Naive Bayes algoritmasını, lojistik regresyon sınıflandırıcısının izlediği görülmektedir. Üçüncü en yüksek başarım destek vektör makineleri ile en kötü doğru sınıflandırma oranları ise k-en yakın komşu algoritması ile elde edilmektedir. Çoğunluk oylaması yöntemi ile dört temel sınıflandırma yöntemi birleştirildiğinde performansta iyileşme elde edilemediği gözlenmektedir.

Tablo 1. Temel Sınıflandırma Yöntemlerine İlişkin Deneysel Sonuçlar

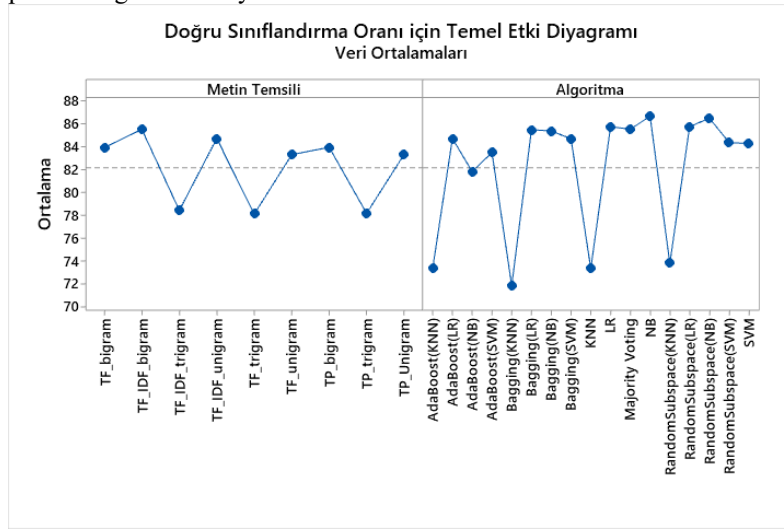
Metin Temsili	NB	SVM	LR	KNN	Çoğunluk Oylaması
TF_IDF_bigram	92,62	87,12	88,71	75,31	88,86
TF_IDF_trigram	80,96	82,47	85,17	68,52	84,74
TF_IDF_unigram	89,86	86,70	87,85	76,21	87,99
TF_bigram	91,33	83,84	85,93	75,31	85,57
TF_trigram	77,80	83,21	83,99	68,52	82,92
TF_unigram	88,13	84,01	85,10	76,21	85,25
TP_bigram	91,47	83,77	85,86	75,31	85,93
TP_trigram	79,25	83,21	84,00	68,52	83,14
TP_unigram	88,42	84,01	85,03	76,21	85,25

Tablo 2. Topluluk Öğrenmesi Algoritmalarına İlişkin Deneysel Sonuçlar

Metin Temsili	Adaptif destekleme				Torbalama				Rastgele alt-uzay			
	NB	SVM	LR	KNN	NB	SVM	LR	KNN	NB	SVM	LR	KNN
TF_IDF_bigram	83,90	86,70	88,30	75,30	92,60	87,60	88,60	74,50	92,80	87,00	88,60	75,10
TF_IDF_trigram	70,40	80,90	82,80	68,50	77,60	82,90	85,20	66,00	80,70	83,60	85,50	67,50
TF_IDF_unigram	84,80	84,90	86,20	76,20	89,60	87,00	87,80	75,10	89,70	85,50	86,80	78,00
TF_bigram	89,40	82,90	84,30	75,30	90,60	84,40	85,40	74,50	91,10	84,10	85,40	77,30
TF_trigram	73,00	82,20	83,00	68,50	75,10	83,40	84,20	66,00	78,00	83,60	85,30	68,90
TF_unigram	86,00	84,20	85,40	76,20	87,60	84,50	84,50	75,10	87,50	83,90	85,50	76,80
TP_bigram	89,90	83,50	84,10	75,30	91,50	84,50	85,00	74,50	91,10	84,50	85,70	75,10
TP_trigram	72,60	81,70	83,00	68,50	76,10	83,40	84,20	66,00	79,20	83,40	84,40	68,00
TP_Unigram	86,20	84,40	85,40	76,20	87,60	84,50	84,50	75,10	88,20	83,60	84,30	77,60

Tablo 2’de topluluk öğrenmesi algoritmaları ile elde edilen sonuçlar listelenmektedir. Tablo 2’deki doğru sınıflandırma oranlarına bakıldığında, rastgele alt-uzay algoritmasının diğer topluluk öğrenmesi yöntemlerine

kıyasla daha yüksek başarımlar elde ettiği görülmektedir. Şekil 1’de ise karşılaştırılan yöntemlere ve faktörlere ilişkin temel etki diyagramı aracılığıyla temel sonuçlar özetlenmektedir.



Şekil. 1. Karşılaştırılan yöntemlere ve faktörlere ilişkin temel etki diyagramı

5. Sonuç

Etkin bir web tabanlı biyogözetim sistemi geliştirilmesi için, haber metinlerini uygun konulara hızlı ve yüksek başarımla atayan metin madenciliği ve makine öğrenmesi tabanlı sistemlere gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, hayvanlar üzerinde viral bir hastalık olan ASF ve sosyo-ekonomik konularda haber metinleri içeren bir derlem üzerinde temel makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmalarının, sınıflandırıcı topluluğu mimarilerinin ve temel metin temsil yöntemlerinin başarımları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Haber metinlerinin temsil edilmesinde üç temel n-gram modeli olan (1-gram, 2-gram ve 3-gram) temsilleri, terim sıklığı, terim varlığı ve TF-IDF terim ağırlıklandırma yaklaşımları ile birarada kullanılarak toplam dokuz farklı metin temsili elde edilmiştir. Elde edilen metin temsilleri, dört temel sınıflandırma algoritması olan Naive Bayes algoritması, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu algoritması ve lojistik regresyon ile değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, torbalama yöntemi, yükseltme yöntemi, rastgele alt-uzay yöntemi ve çoğunluk oylaması algoritması kullanılarak, haber metinlerinden sosyo-ekonomik ve epidemiyolojik konuların saptanmasında, topluluk öğrenme yöntemlerinin etkinlikleri de analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar, metin madenciliği ve makine öğrenmesi yöntemlerinin salgın hastalıkların erken belirlenmesi için kullanılmasının

uygun olduğunu göstermektedir. En yüksek başarımlar Naive Bayes rastgele alt-uzay algoritması ile birlikte kullanıldığında elde edilmiştir.

Kaynakça

- Gajewski, K. N., Peterson, A. E., Chitale, R. A., Pavlin, J. A., Russell, K. L., & Chretien, J. P. (2014). A review of evaluations of electronic event-based biosurveillance systems. *PLoS one*, 9(10), e111222.
- Walters, R. A., Harlan, P. A., Nelson, N. P., & Hartley, D. M. (2008). Data sources for biosurveillance. *Wiley handbook of science and technology for Homeland Security*, 1-17.
- Hartley, D. M., Nelson, N. P., Arthur, R. R., Barboza, P., Collier, N., Lightfoot, N., ... & Brownstein, J. S. (2013). An overview of internet biosurveillance. *Clinical Microbiology and Infection*, 19(11), 1006-1013.
- Tsai, F. J., Tseng, E., Chan, C. C., Tamashiro, H., Motamed, S., & Rougemont, A. C. (2013). Is the reporting timeliness gap for avian flu and H1N1 outbreaks in global health surveillance systems associated with country transparency?. *Globalization and health*, 9(1), 1-7.
- Hartley, D., Nelson, N., Walters, R., Arthur, R., Yangarber, R., Madoff, L., ... & Lightfoot, N. (2013). Landscape of

- international event-based biosurveillance. *Emerg Health Threats J.* 2010; 3: e3.
6. Keller, M., Blench, M., Tolentino, H., Freifeld, C. C., Mandl, K. D., Mawudeku, A., ... & Brownstein, J. S. (2009). Use of unstructured event-based reports for global infectious disease surveillance. *Emerging infectious diseases*, 15(5), 689.
 7. Mykhalovskiy, E., & Weir, L. (2006). The global public health intelligence network and early warning outbreak detection. *Canadian journal of public health*, 97(1), 42-44.
 8. Mantero, J., Belyaeva, J., & Linge, J. P. (2011). How to maximise event-based surveillance web-systems the example of ECDC/JRC collaboration to improve the performance of MediSys. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*.
 9. Steinberger, R., Fuart, F., van der Goot, E., Best, C., von Etter, P., & Yangarber, R. (2008). Text mining from the web for medical intelligence. In *Mining massive data sets for security* (pp. 295-310). IOS Press.
 10. Nelson, N. P., Brownstein, J. S., & Hartley, D. M. (2010). Event-based biosurveillance of respiratory disease in Mexico, 2007–2009: connection to the 2009 influenza A (H1N1) pandemic?. *Eurosurveillance*, 15(30), 19626.
 11. Freifeld, C. C., Mandl, K. D., Reis, B. Y., & Brownstein, J. S. (2008). HealthMap: global infectious disease monitoring through automated classification and visualization of Internet media reports. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 15(2), 150-157.
 12. Lyon, A., Grosse, G., Burgman, M., & Nunn, M. (2013). Using internet intelligence to manage biosecurity risks: a case study for aquatic animal health. *Diversity and Distributions*, 19(5-6), 640-650.
 13. Onan, A., Korukoğlu, S., & Bulut, H. (2016). Ensemble of keyword extraction methods and classifiers in text classification. *Expert Systems with Applications*, 57, 232-247.
 14. Onan, A. (2016). Classifier and feature set ensembles for web page classification. *Journal of Information Science*, 42(2), 150-165.
 15. Onan, A., Korukoğlu, S., & Bulut, H. (2016). A multiobjective weighted voting ensemble classifier based on differential evolution algorithm for text sentiment classification. *Expert Systems with Applications*, 62, 1-16.
 16. Onan, A., & Korukoğlu, S. (2017). A feature selection model based on genetic rank aggregation for text sentiment classification. *Journal of Information Science*, 43(1), 25-38.
 17. Onan, A. (2017). Hybrid supervised clustering based ensemble scheme for text classification. *Kybernetes*.
 18. Onan, A., & Toçoğlu, M. A. (2021). A term weighted neural language model and stacked bidirectional LSTM based framework for sarcasm identification. *IEEE Access*, 9, 7701-7722.
 19. Onan, A., Korukoğlu, S., & Bulut, H. (2017). A hybrid ensemble pruning approach based on consensus clustering and multi-objective evolutionary algorithm for sentiment classification. *Information Processing & Management*, 53(4), 814-833.
 20. Toçoğlu, M. A., & Onan, A. (2019, August). Satire detection in Turkish news articles: a machine learning approach. In *International Conference on Big Data Innovations and Applications* (pp. 107-117). Springer, Cham.
 21. Onan, A. (2018, May). Review spam detection based on psychological and linguistic features. In *2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
 22. Onan, A. (2018). An ensemble scheme based on language function analysis and feature engineering for text genre classification. *Journal of Information Science*, 44(1), 28-47.
 23. Onan, A. (2017). Twitter mesajları üzerinde makine öğrenmesi yöntemlerine dayalı duygu analizi. *Yönetim Bilişim Sistemleri*, 3(2), 1-14.
 24. Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.
 25. Dietterich, T. G. (2000, June). Ensemble methods in machine learning. In *International workshop on multiple classifier systems* (pp. 1-15). Springer, Berlin, Heidelberg.
 26. Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine learning*, 24(2), 123-140.
 27. Schapire, R. E. (2013). Explaining adaboost. In *Empirical inference* (pp. 37-52). Springer, Berlin, Heidelberg.
 28. Ho, T. K. (1998). The random subspace method for constructing decision forests. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 20(8), 832-844.
 29. Arsevska, E., Roche, M., Hendrikx, P., Chavernac, D., Falala, S., Lancelot, R., & Dufour, B. (2016). Identification of terms for detecting early signals of emerging infectious disease outbreaks on the web. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 104-115.

30.



Bulanık Mantık Tabanlı Bir Hibrit Yol Takip Yöntemi

Muhammed Çelik^{1*}, Cenk Ulu²

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6909-7830)

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8588-6247)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.944108)

ATIF/REFERENCE: Çelik, M. & Ulu, C. (2020). Bulanık Mantık Tabanlı Bir Hibrit Yol Takip Yöntemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 301-306.

Özet

Literatürde otonom kara araçları yol takibi problemini çözmek için farklı yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemler geometrik tabanlı ve model tabanlı yöntemler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Model tabanlı yöntemlerde aracın dinamik modeli kullanılırken, geometrik tabanlı yöntemlerde sadece araç ve yol arasındaki geometrik ilişkilerden yararlanır. Yapılarının basit olması nedeniyle geometrik tabanlı yöntemler uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Stanley ve Pure Pursuit yöntemleri en yaygın kullanılan geometrik tabanlı yöntemlerdir. Stanley yöntemi düz yolda daha iyi bir yol takip performansı gösterirken, dönüşlerde daha düşük bir performans sergilemektedir. Pure Pursuit yöntemi ise dönüşlerde daha iyi bir performans sergilerken, düz yolda daha düşük bir performans göstermektedir. Bu çalışmada Pure Pursuit ve Stanley yöntemlerinin üstün yanlarını bir arada kullanabilmek için bulanık mantık tabanlı bir hibrit kontrol yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemde yolun geometrisine bağlı olarak Stanley ve Pure Pursuit yöntemleri ile elde edilen direksiyon açı değerleri ağırlıklandırılarak tek bir direksiyon açısı değeri hesaplanmaktadır. Ağırlıklandırma parametresi dinamik olup bir bulanık çıkarım mekanizması tarafından ileri bakma açısı değerlendirilerek ayarlanmaktadır. Önerilen yöntemin performansı farklı yol şartlarında test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Stanley, Pure Pursuit yöntemleri ve mevcut bir hibrit yöntem ile karşılaştırılmıştır. Benzetim sonuçları önerilen yöntemin diğer klasik iki yöntem ve mevcut hibrit yöntemlere göre daha üstün bir yol takip performansı sergilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yol takibi, otonom araçlar, geometrik yol takibi, hibrit kontrol, bulanık mantık.

A Fuzzy Logic Based Hybrid Path Tracking Method

Abstract

Various methods have been proposed to solve the path tracking problem of autonomous ground vehicles in the literature. These methods can be divided into two main groups as geometric-based and model-based methods. While the dynamic model of the vehicle is used in model-based methods, only geometric relations between the vehicle and the path are used in geometric-based methods. Geometric-based methods are frequently used in applications due to their simple structures. Stanley and Pure Pursuit methods are the most widely used geometric-based methods. While the Stanley method shows a better tracking performance on a straight path, it shows a lower performance on turns. On the other hand, the Pure Pursuit method performs better performance on turns but shows a lower performance on the straight paths. In this study, a fuzzy logic-based hybrid control method is proposed to use the advantages of Pure Pursuit and Stanley methods together. In this method, the steering angle value is calculated by weighting the steering angle values obtained by Stanley and Pure Pursuit methods depending on the geometry of the path. The weighting parameter is dynamic and is adjusted by a fuzzy inference mechanism by evaluating the look-ahead angle. The performance of the proposed method is tested under different path conditions and the results obtained are compared with Stanley, Pure Pursuit methods, and an existing hybrid method. The simulation results show that the proposed method exhibits a superior path tracking performance compared to the other two conventional methods and the existing hybrid method.

* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6909-7830, muhammedcelik.d@gmail.com

Keywords: Path tracking, autonomous vehicles, geometric path tracking, hybrid control, fuzzy logic.

1. Giriş

Otonom araçlar, üzerlerinde bulunan gelişmiş sensörler ve işlemciler sayesinde otonom olarak hareket etme kabiliyetine sahip araçlardır. Gelişen teknoloji ve talepler doğrultusunda otonom araçların yaygın olarak kullanılması için yapılan otonom sürüş çalışmaları da hız kazanmaktadır. Otonom sürüşteki temel amaç, araç donanımlarının bulunduğu çevreden almış olduğu bilgileri sahip olduğu karar mekanizması ve kontrol algoritmaları sayesinde değerlendirerek bir direksiyon açısı, gaz ve fren çıktılarını en uygun değerlerde ortaya koymaktır.

Amidi (Amidi ve Thorpe, 1991) başarılı bir otonom araç geliştirmek için birkaç problemin ele alınması ve ben neredeyim?, nereye gitmek istiyorum? ve kendime zarar vermeden hedefe nasıl gidebilirim? sorularına cevap verebilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu sorular göz önüne alındığında bir otonom aracın sahip olması gereken üç temel birim bulunmalıdır. Bunlar algılama ve işleme birimi, planlama birimi ve kontrol birimidir. Algılama ve işleme biriminin görevi sensörlerden gelen verileri işleyerek aracın gerçek zamanlı konumunu ve ortam bilgilerini sağlamaktır. Planlama biriminde aracın izleyeceği güvenli ve uygulanabilir yörünge planlaması gerçekleştirilmektedir. Kontrol birimi ise aracı istenilen yörüngede hareket ettirmek için gerekli kontrol stratejilerini içermektedir (Amer vd., 2017).

Otonom araçlar için geliştirilen yol takibi yöntemleri genel olarak geometrik tabanlı ve model tabanlı olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Geometrik tabanlı yol takibi yöntemlerinde araç ve yol arasındaki geometrik ilişkilerden yararlanılmaktadır. Basit yapıları ve görece etkili sonuçlar ortaya koymalarından dolayı geometrik yol takip yöntemleri birçok uygulamada tercih edilmektedirler. Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanları Pure Pursuit, Stanley ve Vector Pursuit yöntemleridir (Park, Lee, ve Han, 2014).

Pure Pursuit yöntemi düşük hızlarda iyi bir performans sergilemektedir. Fakat hız arttıkça keskin dönüşlerde çapraz yol hataları da artmaktadır. Literatürde bu çapraz yol hatasının azaltılmasına yönelik çeşitli yöntemler önerilmiştir (M. Park, Lee, ve Han, 2015; Cibooglu, Karapinar, ve Soylemez, 2017). Pure Pursuit kontrolör, Stanley kontrolöre nazaran değişen yol geometrilerine göre daha iyi bir performans sağlamaktadır (Park, Lee, ve Han, 2014). Bunun nedeni ise ileri bakma davranışı sayesinde değişen yol geometrisine önceden uyum sağlayabilmesidir (Snider, 2009). Stanley kontrolör ise düz yolda daha üstün bir performans göstermektedir. Cibooglu vd. (2017) daha üstün bir takip performansı elde etmek için Pure Pursuit ve Stanley yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir hibrit yöntem önermişlerdir. Bir diğer yöntem ise araç modeli ve ileri bakma davranışının bir arada kullanıldığı yöntemdir (Jalali, Lambert, ve McPhee, 2012). Bu yöntemde gerçek sürücü tepkileri de sisteme girdi olarak tanımlanır. Ayrıca ileriye bakma davranışı sayesinde yol öngörülebildiği için direksiyon açısı, gaz ve fren pedali konumları da yol geometrisine göre ayarlanmaktadır.

Model tabanlı yol takip yöntemlerinde kinematik ve dinamik araç modelleri kullanılmaktadır. Kinematik modele nazaran dinamik model daha karmaşık ve uygulanması daha zordur. Model tabanlı kontrol yöntemlerinden en popüler olan yöntemlerden biri Model Öngörülü Kontrol yöntemidir (Guo vd., 2019; Raffo vd., 2009). Bu yöntem, araç için gerekli kontrol girdisini tahmin etmek için genellikle doğrusal veya doğrusal olmayan bir araç modeli kullanır.

Bu yöntemlerin yanı sıra klasik kontrol yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar da vardır. Bu kontrolörler genellikle yörüngeye bağlı olarak hız ve direksiyon açısını kontrol etmek için kullanılırlar. Hoffman vd.(2007) yaptıkları çalışmada Stanley kontrolör kullanmışlardır. Bununla birlikte, çalışma ayrıca bir PI kontrolör ile aracın gaz ve fren girişini kontrol etmektedir. Park vd. (2015) üretilen direksiyon açısının çıkışını arzu edilen değere ulaşması için kontrolör çıkışını PID kontrolör ile denetleyerek daha kararlı bir kontrolör ortaya koymuşlardır. Ayrıca bazı bulanık mantık tabanlı kontrol yöntemleri de önerilmiştir. Ping vd. (2012) önerdikleri yöntemde çapraz yol hatasını PI kontrolör ile, sapma açısını ise bir bulanık mantık denetleyicisiyle kontrol etmişlerdir. Yu vd. (2020) bir bulanık mantık tabanlı Pure Pursuit önermişlerdir. Önerilen yöntemde referans arka akstan ön aksa taşınmış ve parametrelerin ayarlanması için bir bulanık denetleyici kullanılmıştır.

Bu çalışmada otonom araçların yol takip uygulamaları için bulanık mantık tabanlı bir hibrit kontrol yöntemi önerilmiştir. Yöntemde araca uygulanacak direksiyon açısı değeri Pure Pursuit ve Stanley kontrolörlerinin ürettiği direksiyon açısı değerlerinin ağırlıklandırılması ile hesaplanmaktadır. Yöntemde dinamik bir ağırlıklandırma parametresi kullanılmıştır. Bu ağırlıklandırma parametresinin değeri bir bulanık çıkarım mekanizması tarafından ileri bakma açısı değerlendirilerek ayarlanmaktadır. Önerilen yöntemin performansını değerlendirmek üzere farklı yol şartları için benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel Stanley ve Pure Pursuit yöntemleri ve literatürde önerilmiş bir hibrit yöntem ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları ile önerilen yöntemin diğer yol takip yöntemlerinden daha üstün bir performans sergilediğini gösterilmiştir.

Bu makale 5 bölümden oluşmaktadır. 2. bölümde kullanılan yöntemler ve 3. Bölümde ise önerilen yöntem ayrıntılı olarak açıklanmıştır. 4. bölümde benzetim sonuçları ve 5. bölümde ise sonuçlar verilmiştir.

2. Yol Takip Yöntemleri

2.1. Pure Pursuit Yöntemi

Geometrik yöntemler arasındaki en popüler yöntemlerden biridir. İlk defa 1990 yılında Coulter (1992) tarafından geliştirilmiştir. Yöntem, araç ve yol geometrisi arasındaki ilişkilerden yararlanılarak formüle edilir. Önceden tanımlanmış yolda aracın arka aks merkezinden referans alınarak sabit bir ileri bakma mesafesinde bir ileri bakma noktası belirlenir. Belirlenen bu nokta ile aracın arka aksının merkezini referans alan bir eğri oluşturulur. Oluşturulan eğriye göre direksiyon açısı üretilir. Aracın her hareketinde ileri bakma noktası değişeceği için her defasında yolun geometrisine göre yeni eğriler oluşturulur. Buna bağlı olarak direksiyon açısı da sürekli değişmiş olur. Şekil 3a' da Pure Pursuit yönteminin geometrik olarak gösterimi yer almaktadır.

Şekil 3a' da gösterilen l_d mesafesi, aracın arka aks merkezinden referans alınarak belirlenir. Bu değer sabittir ve seçilen uzunluğa göre ileri bakma noktası (x_{la}, y_{la}) belirlenir. Daha sonra bu iki noktadan geçen bir eğri oluşturulur. Bu eğri, anlık dönme noktasını merkez kabul eden bir çemberin parçasıdır. Oluşturulan bu çemberden yararlanılarak ve gerekli geometrik bağıntılar kullanılarak bir formülasyon oluşturulur ve buradan araç için gerekli direksiyon açısı (δ) üretilmiş olur. Pure Pursuit yönteminde direksiyon açısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\delta_{PP} = \tan^{-1} \left(\frac{2L \sin \alpha}{l_d} \right) \quad (4)$$

2.2. Stanley Yöntemi

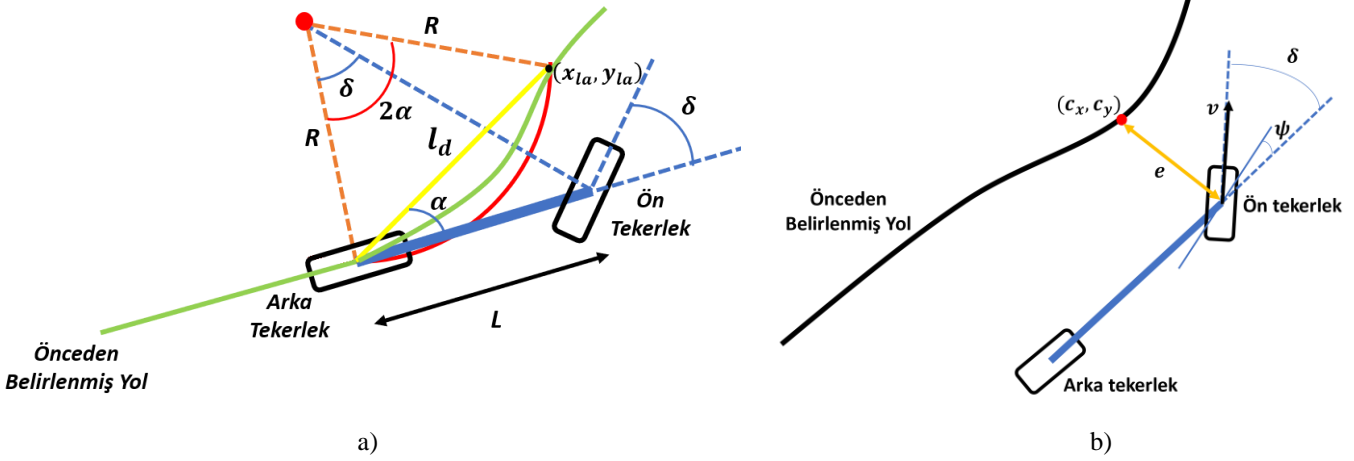
Stanley yöntemi arka aksı referans olarak kullanan Pure Pursuit yönteminden farklı olarak, ön aksı referans olarak kabul eder. Bu yöntemde kontrolör hem yön hatasına hem de çapraz yol hatasına bakar. Çapraz yol hatası, aracın ön aksı ile yol üzerindeki en yakın nokta arasındaki dik mesafe olarak tanımlanır. Stanley yönteminde ileriye bakma davranışı yoktur. Bu nedenle yol geometrisinin değişimi öngörülemeyi için keskin dönüş noktalarında çapraz yol hatası büyümektedir.

Stanley metodu çapraz yol hatasını kullandığından dolayı bir PI kontrolör gibi davranıp hatayı daha hızlı telafi ederek yola diğer yöntemlerden daha çabuk yaklaşır ve oturur. Şekil 3b' de Stanley metodunun geometrik temsili gösterilmektedir. Stanley yönteminde direksiyon açısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\delta = \tan^{-1} \left(\frac{k \cdot e}{v} \right) \quad (5)$$

$$\delta_{ST} = \psi + \tan^{-1} \left(k \cdot e / v \right), \quad \delta \in [\delta_{min}, \delta_{max}] \quad (6)$$

Burada e çapraz yol hatasıdır. k ileri yol kazancı, ψ yön hatası, δ_{ST} ise Stanley kontrolörün ürettiği direksiyon açısıdır.



Şekil 3. a) Pure Pursuit ve b) Stanley Yöntemlerinin Geometrik Olarak Gösterimi

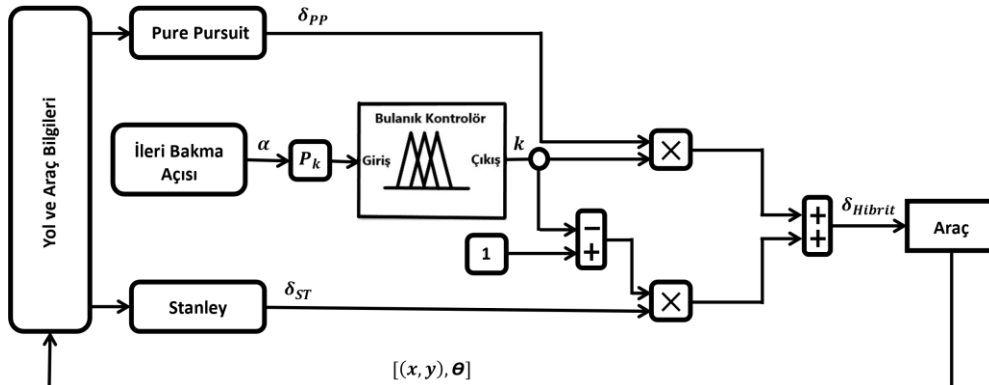
3. Bulanık Mantık Tabanlı Hibrit Kontrol Yöntemi

Pure Pursuit ve Stanley yöntemlerin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Pure Pursuit yönteminde ileri bakma davranışı olduğu için yapılacak manevra önceden tespit edilebilmektedir. Fakat bu davranış keskin dönüşlü yollarda yolu keserek takip etmesine ve takip hassasiyetinin oldukça azalmasına neden olmaktadır. Stanley yöntemi ise kesintisiz, sürekli yollarda daha iyi takip performansı ortaya koymakta ancak ileri bakma davranışı olmadığı için keskin dönüşlerde yüksek çapraz yol hatalarına neden olmaktadır. Bu çalışmada Pure Pursuit ve Stanley yöntemlerinin üstün yönlerinin bir araya getirildiği ve böylece yol takip performansının artırılmasının amaçlandığı hibrit bir kontrol yöntemi sunulmaktadır. Önerilen

hibrit kontrol yönteminde Stanley ve Pure Pursuit yöntemleri ile elde edilen direksiyon açı değerleri ağırlıklandırılarak tek bir direksiyon açısı değeri hesaplanmaktadır. Ağırlıklandırma parametresi bir bulanık çıkarım mekanizması tarafından ileri bakma açısı değerlendirilerek dinamik olarak belirlenmektedir. Önerilen kontrol yönteminin blok diyagramı Şekil 7' de gösterilmiştir. Yöntemde ağırlıklandırılmış direksiyon açısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\delta_{Hibrit} = K_1 \delta_{PP} + K_2 \delta_{ST} \quad (7)$$

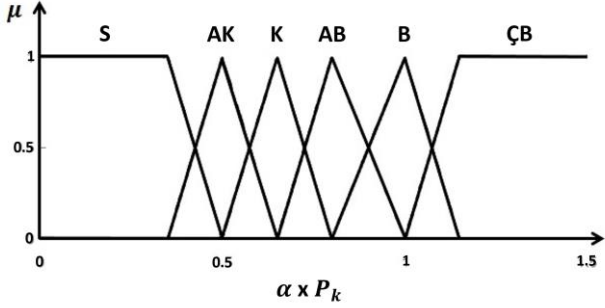
Burada δ_{PP} ve δ_{ST} sırasıyla Pure Pursuit ve Stanley yöntemleri ile elde edilen direksiyon açılarıdır. $K_1 = k$ ve $K_2 = 1 - k$ olarak tanımlanmıştır. k ise bulanık çıkarım mekanizmasının çıkışından elde edilen ağırlıklandırma değeridir.



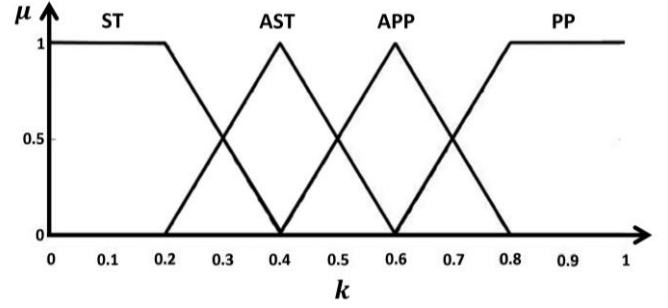
Şekil 7. Kontrolörün Şematik Yapısı

Bulanık çıkarım mekanizması α ileri bakma açısına bağlı olarak uygun k ağırlıklandırma değerini belirlemektedir. Açı değeri, Pure Pursuit yöntemindeki l_d mesafesi referans alınarak hesaplanmıştır. Bu açı değerini $[0,1.5]$ değerleri arasında sınırlandırmak için bir P_k ölçekleme çarpanı kullanılmıştır. Tanımlanan giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları Şekil 8' de

gösterilmiştir. Bulanık çıkarım mekanizmasının kural tabanı Tablo 1' de verilmiştir. Burada tanımlanan bulanık küme isimleri S sıfır, AK az küçük, K küçük, AB az büyük, B büyük, ÇB çok büyük, ST Stanley, AST az Stanley, APP az Pure Pursuit ve PP Pure Pursuit şeklindedir.



a)



b)

Şekil 8. Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları

Tablo 1. Kural Tabanı

α	S	AK	K	AB	B	ÇB
k	ST	ST	AST	APP	PP	PP

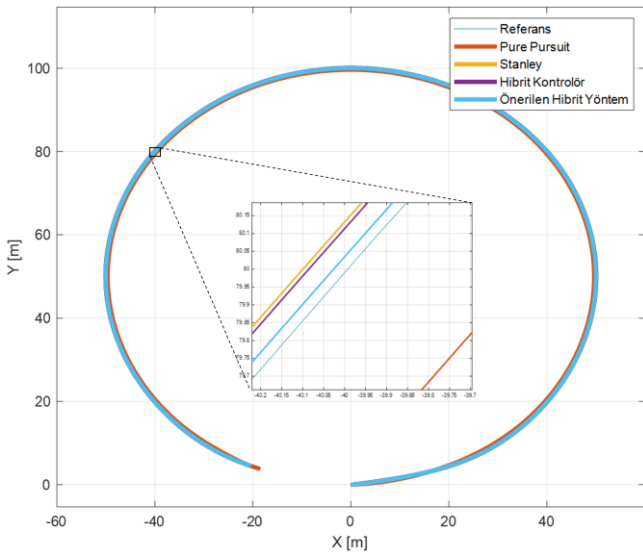
4. Benzetim Sonuçları

Önerilen hibrit kontrol yönteminin performansını değerlendirmek için farklı yol senaryolarında benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Pure Pursuit, Stanley ve mevcut bir hibrit yol takip yöntemi (Cibooglu, Karapinar, ve Soylemez, 2017) ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda genel yumuşak dönüş ve keskin dönüş performanslarını değerlendirebilmek adına referans olarak dairesel yol ve 90 derece keskin dönüşlü yol tercih edilmiştir. Ayrıca araç hızı etkisini değerlendirebilmek için karşılaştırmalar 20, 50 ve 80 km/sa olmak üzere üç ayrı sabit hızda gerçekleştirilmiştir.

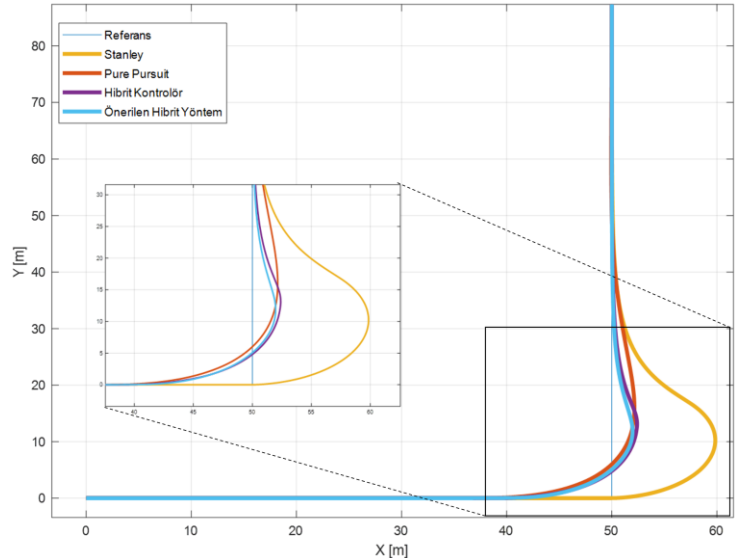
Pure Pursuit kontrolör için ileri bakma mesafesi $d_{ileri_bakma} = d_{sbt.} + v * t_{reak.}$ olarak belirlenmiştir (Cibooglu,

Karapinar, ve Soylemez, 2017). Burada $d_{sbt.} = 4m$ ve reaksiyon zamanı ise $t_{reak.} = 0.7$ s olarak seçilmiştir. Stanley kontrolör için ileri yol kazancı $k = 2.5$ olarak seçilmiştir ve maksimum direksiyon açıları $[-15,15]$ aralığında sınırlandırılmıştır. Önerilen yöntemdeki bulanık çıkarım mekanizması ölçekleme çarpanı $P_k = 1/40$ olarak seçilmiştir. Karşılaştırmalarda başarımlı ölçütü olarak hatanın karesinin integrali (HKİ) ve mutlak hatanın integrali (MHİ) ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçütlerde hata olarak çapraz yol hatası kullanılmıştır.

İki farklı yol referansında 50 km/sa hız için elde edilen yol takip performansları Şekil 9' da gösterilmiştir. Tüm hızlar için elde edilmiş başarımlı ölçüt değerleri ise Tablo 2 ve Tablo 3' te verilmiştir.



a)



b)

Şekil 9. a) Dairesel Yol ve 90 Derece Keskin Dönüşlü Yol (50 km/sa) İçin Takip Performansı Sonuçları

Tablo 2. Dairesel Yolda Hata Değerleri

		Pure Pursuit	Stanley	Hibrit Kontrolör	Önerilen Hibrit
20 km/sa	MHİ	3,3768	2,5701	2,6671	3,0875
	HKİ	0,9882	0,1449	0,1537	0,1970
50 km/sa	MHİ	5,8096	3,2651	3,1225	2,3478
	HKİ	1,4920	0,5177	0,4765	0,2830
80 km/sa	MHİ	8,6590	4,1417	3,8621	3,4996
	HKİ	1,6733	1,3221	1,1642	0,9520

Tablo 2' den görüldüğü gibi dairese yol referansı için düşük hızlarda (20 km/sa) beklenildiği gibi en iyi performansı Stanley kontrolör göstermiştir. Fakat 50 ve 80 km/sa gibi daha yüksek hızlarda açıkça görülmektedir ki önerilen yöntem diğer yöntemler arasında en iyi performansı sergilemektedir. Ani yol değişimlerinin olmadığı bu tip yol referansında Stanley

kontrolörün takip performansı Pure Pursuit kontrolörden her durumda daha iyidir. Mevcut hibrit kontrolör yüksek hızlarda hem Stanley hem de Pure Pursuit kontrolörden daha iyi performans göstermesine karşın önerilen hibrit kontrolörden daha düşük performans göstermiştir.

Tablo 3. 90 Derece Keskin Dönüştü Yolda Hata Değerleri

		Pure Pursuit	Stanley	Hibrit Kontrolör	Önerilen Hibrit
20 km/sa	MHİ	7,9556	15,6585	1,1196	0,9521
	HKİ	7,4831	118,8089	0,6915	0,4675
50 km/sa	MHİ	4,5116	16,6952	3,4635	2,8033
	HKİ	17,0620	172,3866	6,3478	4,4906
80 km/sa	MHİ	8,6713	30,1782	7,5274	5,9514
	HKİ	32,5098	217,0714	31,4647	24,3725

Elde edilen performanslar keskin dönüştü yol referansı için değerlendirildiğinde, Tablo 3' ten görüldüğü gibi önerilen hibrit kontrol yönteminin diğer yöntemlere kıyasla daha iyi bir kontrol performansı sergilediği görülmektedir. Şekil 9b' den görüldüğü gibi araç dönüş noktasına gelene kadar direksiyon açısı üretmediği için Stanley kontrolör ile elde edilen yanıtta referans yoldan fazla bir sapma olduğu görülmektedir. Öte yandan diğer yöntemlerde ileri bakma davranışı olduğu için daha erken direksiyon açısı üretildiği ve aracın daha erken yönlenmeye başladığı görülmektedir. Burada da bir önceki sonuçlara benzer şekilde mevcut hibrit kontrolör her durum için Pure Pursuit ve Stanley kontrolörlerden daha iyi bir performans sergilemiş fakat önerilen hibrit yöntemden daha düşük bir performans sergilemiştir. Bu durum hibrit kontrol yaklaşımının etkinliğini göstermektedir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen yol takip performansı karşılaştırmaları ile en iyi performansı önerilen bulanık mantık tabanlı hibrit kontrolörün sağladığı gösterilmiş ve önerilen yöntemin etkinliği kanıtlanmıştır.

5. Sonuç

Bu çalışmada otonom kara araçlarının yol takip performansını arttırmak için yaygın olarak kullanılan Stanley ve Pure Pursuit yol takip yöntemlerinin ağırlıklandırılarak bir arada kullanıldığı yeni bir hibrit yol takip yöntemi önerilmiştir. Bu hibrit yol takibi yönteminde dinamik bir ağırlıklandırma kullanılmış ve bu ağırlıklandırma parametresi değeri bir bulanık çıkarım mekanizması ile belirlenmiştir. Önerilen yöntemin etkinliği göstermek için benzetim çalışmaları yapılmış ve yöntemin performansı üç farklı yol takip yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen karşılaştırma sonuçları ile önerilen

yöntemin keskin dönüştü yollarda üç farklı hız durumu için Pure Pursuit, Stanley ve mevcut hibrit kontrolörden daha iyi bir performans sergilediği gösterilmiştir. Dairesel yörünge referansında ise düşük hızlar dışında önerilen yöntemin diğer yöntemlere kıyasla daha üstün bir performans sergilediği görülmüştür. Önerilen yöntem karmaşık olmayan yapısı ve sağladığı performans artışı nedeniyle mevcut yöntemlere bir alternatif olarak otonom araçların yol takip uygulamalarında kullanılabilir.

Gelecek çalışmalarda önerilen yöntemde yol geometrisine bağlı olarak uyarlamalı hız kontrolü sağlayacak iyileştirmeler yapılması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- Amer, Noor Hafizah, Hairi Zamzuri, Khisbullah Hudha, and Zulkifli Abdul Kadir. 2017. "Modelling and Control Strategies in Path Tracking Control for Autonomous Ground Vehicles: A Review of State of the Art and Challenges." *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications* 86(2): 225–54.
- Amidi, Omead, and Charles Thorpe. 1991. "Integrated Mobile Robot Control." *Fibers '91, Boston, MA* 1388: 504–23. <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=954451>.
- Cibooglu, Mertcan, Umut Karapinar, and Mehmet Turan Soylemez. 2017. "Hybrid Controller Approach for an Autonomous Ground Vehicle Path Tracking Problem." *2017 25th Mediterranean Conference on Control and Automation, MED 2017* 8: 583–88.
- Guo, Hongyan et al. 2019. "Model Predictive Path Following Control for Autonomous Cars Considering a Measurable

- Disturbance: Implementation, Testing, and Verification.” *Mechanical Systems and Signal Processing* 118: 41–60. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.08.028>.
- Hoffmann, Gabriel M., Claire J. Tomlin, Michael Montemerlo, and Sebastian Thrun. 2007. “Autonomous Automobile Trajectory Tracking for Off-Road Driving: Controller Design, Experimental Validation and Racing.” *Proceedings of the American Control Conference*: 2296–2301.
- Jalali, Kiumars, Steve Lambert, and John McPhee. 2012. “Development of a Path-Following and a Speed Control Driver Model for an Electric Vehicle.” *SAE International Journal of Passenger Cars - Electronic and Electrical Systems* 5(1): 100–113.
- Park, Myung Wook, Sang Woo Lee, and Woo Yong Han. 2014. “Development of Lateral Control System for Autonomous Vehicle Based on Adaptive Pure Pursuit Algorithm.” *International Conference on Control, Automation and Systems (Iccas)*: 1443–47.
- Park, Myungwook, Sangwoo Lee, and Wooyong Han. 2015. “Development of Steering Control System for Autonomous Vehicle Using Geometry-Based Path Tracking Algorithm.” *ETRI Journal* 37(3): 617–25.
- Ping, Em Poh, and Sim Kok Swee. 2012. “Simulation and Experiment of Automatic Steering Control for Lane Keeping Manoeuvre.” *ICIAS 2012 - 2012 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems: A Conference of World Engineering, Science and Technology Congress (ESTCON) - Conference Proceedings* 1: 105–10.
- R. Craig Coulter. 1992. “Implementation of the Pure Pursuit Path Tracking Algorithm.” Carnegie Mellon University.
- Raffo, Guilherme V. et al. 2009. “A Predictive Controller for Autonomous Vehicle Path Tracking.” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 10(1): 92–102.
- Snider, Jarrod M. 2009. “Automatic Steering Methods for Autonomous Automobile Path Tracking.” *Work* (February): 1–78. http://www.ri.cmu.edu/pub_files/2009/2/Automatic_Steering_Methods_for_Autonomous_Automobile_Path_Tracking.pdf.
- Yu, Lingli et al. 2020. “Driverless Bus Path Tracking Based on Fuzzy Pure Pursuit Control with a Front Axle Reference.” *Applied Sciences (Switzerland)* 10(1).



The Implementation of DCGAN in the Data Augmentation for the Sperm Morphology Datasets

Kamran Balayev¹, Nihad Guluzade¹, Sercan Aygun^{1*}, Hamza Osman Ilhan¹

¹ Yildiz Technical University, Faculty of Electrical-Electronics, Department of Computer Engineering, Istanbul, Turkey,
(ORCID: 0000-0002-0056-8152), 11117904@std.yildiz.edu.tr
(ORCID: 0000-0003-0482-2303), 11117903@std.yildiz.edu.tr
(ORCID: 0000-0002-4615-7914), ayguns@yildiz.edu.tr
(ORCID: 0000-0002-1753-2703), hoilhan@yildiz.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952561)

ATIF/REFERENCE: Balayev, K., Guluzade, N., Aygun, S. & Ilhan, H. O. (2021). The Implementation of DCGAN in the Data Augmentation for the Sperm Morphology Datasets. *European Journal of Science and Technology*, (26), 307-314.

Abstract

A large amount of data is the key requirement in order to train a neural network efficiently. Using a small size training set in network training causes low accuracy for model performance over the testing set and also hard to implement the model in practice. Similar to many other problems, sperm morphology datasets are also limited for training the neural network-based deep networks in order to provide an automatic evaluation of sperm morphometry. Data augmentation mitigates this problem by utilizing actual data more effectively. The standard data augmentation techniques focus on only spatial changes over the images and can only produce a restricted number of useful informative and disjunctive data. Therefore, in order to create more distinctive and diverse data than the regular spatial domain-based augmentation techniques, a deep learning-based data augmentation technique which is known as the generative model, is trained in this study for the sperm morphology datasets. The deep convolutional generative adversarial network (DCGAN) was optimized and utilized in this study for three well-known sperm morphometry datasets as SMIDS, HuSHeM, and SCIAN-Morpho. Each dataset was individually augmented to a 1000 sample size by the proposed approach. In order to optimize the network with different parameters and observe the generated data, a graphical user interface has been designed. For the similarity evaluation of the generated images to original images, the Fréchet Inception Distance (FID) score was utilized. The FID results indicate that the most similar generated images have been obtained for SMIDS with an average of 29.06 FID score. The worst performance (Average FID = 53.46) was obtained for the SCIAN-Morpho dataset, which has low resolution and data imbalance problems. Lastly, DCGAN based proposed approach resulted in an average of 44.25 FID score for the HuSHeM dataset.

Keywords: Data Augmentation, DCGAN, Deep Learning, Generative Adversarial Networks, Sperm Morphology.

Sperm Morfolojisi Veri Kümeleri için Veri Artırmada DCGAN'ın Uygulanması

Öz

Bir sinir ağını verimli bir şekilde eğitmek için büyük miktarda veri temel gereksinimdir. Ağ eğitiminde küçük boyutlu bir eğitim kümesinin kullanılması, test kümesinde düşük doğruluklu model performansına neden olur ve modelin pratikte uygulanmasını zorlaştırır. Diğer birçok soruna benzer şekilde, sperm morfolojisi veri kümeleri de, sperm morfometrisinin otomatik

* Corresponding Author: Yildiz Technical University, Faculty of Electrical-Electronics, Department of Computer Engineering, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0002-4615-7914, ayguns@yildiz.edu.tr

değerlendirilmesini sağlamak için sinir ağı tabanlı derin ağları eğitmek açısından sınırlıdır. Veri artırma, gerçek verileri daha verimli kullanarak bu sorunu azaltır. Standart veri artırma teknikleri, yalnızca görüntüler üzerindeki uzamsal değişikliklere odaklanır ve sadece sınırlı sayıda yararlı bilgi sağlayan ve ayrık veri üretebilir. Bu nedenle, standart uzamsal tabanlı veri artırma tekniklerinden daha farklı ve çeşitli veriler oluşturmak için, bu çalışmada sperm morfolojisi veri kümeleri adına üretici model olarak bilinen derin öğrenme tabanlı bir veri artırma tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmada Derin Evrişimli Üretici Çekişmeli Ağ (DCGAN) optimize edilmiş ve SMIDS, HuSHeM ve SCIAN-Morpho gibi üç iyi bilinen sperm morfometrisi veri kümeleri kullanılmıştır. Her veri kümesi, önerilen yaklaşımla ayrı ayrı 1000 örneklem büyüklüğüne yükseltilmiştir. Ağı farklı parametrelerle optimize etmek ve üretilen verileri gözlemek için grafiksel bir kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Üretilen görüntülerin orijinal görüntülere benzerlik değerlendirmesi için Fréchet Başlangıç Mesafesi (FID) skoru kullanılmıştır. FID sonuçları, oluşturulan en benzer görüntülerin ortalama 29.06 FID puanı ile SMIDS için elde edildiğini göstermektedir. En kötü performans (Ortalama FID = 53.46), düşük çözünürlük ve veri dengesizliği sorunları olan SCIAN-Morpho veri kümesi için elde edilmiştir. Son olarak, DCGAN tabanlı önerilen yaklaşım HuSHeM veri kümesi için ortalama 44.25 FID puanıyla sonuçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Artırma, DCGAN, Derin Öğrenme, Üretici Çekişmeli Ağlar, Sperm Morfolojisi.

1. Introduction

In deep learning-based classification approaches, the performances largely depend on the amount of data available for training. In case of using insufficient data in training causes high error rates in the practical usage of the model. Scientific efforts such as the classification of various illnesses may not easily be carried out due to sufficient data unavailability (Vasconcelos & Vasconcelos, 2017). Similarly, one of the medical fields suffering from the limited dataset problem is that of sperm morphometry. The morphological analysis of sperm shapes provides the key information about the male factor in infertility problems. However, the data is not abundant due to privacy concerns. In the laboratories, morphological analysis has been performed by the visual assessment technique by experts who carry out manual observations under the microscope without storing the images. In this procedure, the results strongly depend on the expertise of the observer. Different observers report different results, known as the observer variability problem (Kapoor, 2021). In order to eliminate the human factor and develop a computer-based analyzing approach for the determination of the sperm shapes with more objective and consistent results, the analyzing system should be fed with a lot of labeled images in the training phase. Therefore, the data augmentation techniques are a vital preprocessing step in this field.

In the data augmentation techniques, the main idea is to create synthetic images from the existing datasets via spatial domain image processing or deep learning methods. In this study, we aim to train one of the recently growing fields of deep learning models, namely adversarial networks, for data augmentation. By combining the number of input domains using Generative Adversarial Networks (GAN) (Goodfellow et al., 2014), new data is generated; thereby, a comprehensive dataset is created. The proposed deep learning-based augmentation approach has been individually utilized over three well-known publicly available sperm morphology datasets to increase the sample sizes by generating new images. Additionally, a graphical user interface (GUI) was designed to easily optimize the network and demonstrate the generated images. The proposed GAN-based approach provides a solution, especially for the medical field where the data is scarce due to privacy and ethical concerns.

2. Related Works

The performance of machine learning applications, such as the classification of images, is directly related to the amount of data (Vasconcelos & Vasconcelos, 2017). On the other hand, finding sufficient and reliable datasets are the most challenging phase. Therefore, developing synthetic data augmentation techniques in image classification tasks is very popular due to eliminating this bottleneck. Data augmentation methods can be defined as the data generation techniques by performing spatial image manipulation operations or deep learning-based methods. The generated data should be informative and also distinctive from the original image. Rotating, shifting, cropping, fading, frequency masking, scaling, etc., are several examples utilized in spatial-based image manipulation operations. These techniques provide to increase the number of training images, but the generated images are not so much different than original images. Therefore, the training process of networks may not be enriched in some applications. Using deep learning-based data augmentation techniques, the generated images are more informative and different from original images, providing a more enhanced training process. However, the fine-tuning procedure of the generative networks is the critical step that should be set carefully.

In literature, several studies were conducted to investigate the effects of spatial data augmentation techniques in the classification of sperm morphology datasets (Ilhan et al., 2020; Tortumlu & Ilhan, 2020; Yüzkat et al., 2020). Ilhan et al. performed the spatial augmentation techniques on the SMIDS dataset in order to increase the classification performance of three deep networks. Augmentation provided 1.4%, 3%, and 3.3% increments for VGG19, Inception, and Mobile Net, respectively. However, they also reported that excessive training times were observed in the training of networks due to the data generation step. Additionally, some networks have resulted in lower accuracy after a point of augmentation scale because of feeding the almost similar images to networks. This is the limitation of the spatial-based augmentation techniques, which causes the non-informative training phase, as demonstrated in (Yüzkat et al., 2020). In another study, the effects of spatial augmentation techniques have been explored for mobile-based networks (Tortumlu & Ilhan, 2020). They tested over three sperm morphology datasets and reported that the augmentation approach increased the performance for all datasets. Lastly, Yuzkat et al. focused on the performance increment for the most challenging sperm morphology dataset, SCIAN-Morpho. They tested multiple networks with several parameters and augmentation scales. Eventually, they indicated that the

augmentation is also effective over the low-resolution image sets as well.

As deep learning-based data augmentation techniques evaluate, GANs are the most implemented techniques in recent years (Goodfellow et al., 2014). GANs have many different versions but are commonly designed based on deep convolutional networks in two ways: *discriminator* and *generator* (Barişkan et al., 2020; Radford et al., 2016). Progressive growth of GANs (Karras et al., 2018) uses a pathway that is gradually enlarged by increasing the number of layers in both generator and discriminator networks. With the flexibility of GAN networks, higher frequency details are added to the image created in the energy-based GAN model (Zhao et al., 2017) to produce effective results. In literature, GAN-based networks were implemented in different medical image datasets but not tested over Sperm Morphometry. Rubin et al. used GAN with the transfer learning idea in the label-free live cell dataset (Rubin et al., 2018). The utilized dataset also has a small size training set, resulting in low accuracy for transfer learning. They performed GAN architecture to generate more synthetic live-cell images to feed the networks. In another study of Rubin et al., they proposed a novel GAN architecture, namely TOP-GAN (transferring of pre-trained generative adversarial network). They also utilized TOP-GAN for the augmentation of a small-size cancer image dataset. They achieved an average of 95% accuracies for a small-size cancer dataset by the TOP-GAN model (Rubin et al., 2019).

GAN models are also used in different fields. More recently, in the style-based architecture (Karras et al., 2019), instead of feeding the data used as input directly to the generator, this input is first transformed into a hidden space and used to measure and slide the standardized image characteristic output calculated from convolutional layers. Apart from data augmentation techniques, GAN networks are also applied for some complex tasks. For instance, the recently mentioned GAN model (Mirza & Osindero, 2014) can be used for modeling the special movement of patient distribution bottomed on before surgery of image, re-colorization of endoscopic video data, and highlighting regions most affected by a disease. Another task as *style transfer* is a useful image synthesis technique that can re-

process the given image to another artistic style while preserving the image of the content. GANs are a widely adopted framework for this task because of their better representation of local style patterns than traditional Gram-matrix-based methods. Most of the previous methods are based on pre-assembled style images to train the model. A new Patch Permutation GAN (P²-GAN) network (Zheng & Liu, 2020) can effectively learn the contour style from a single style image and is used to create multiple training examples. A patch separator is designed, which can seamlessly process patch-based and natural images at the same time. In addition, a local texture descriptor-based criterion is proposed to evaluate style transfer quality quantitatively. Experimental results show that this method (Zheng & Liu, 2020) produces a higher quality image than a single style image with improved computational efficiency compared to many modern techniques. GAN networks are also utilized for the improvement of image resolution (Ledig et al., 2017; Yeh et al., 2017; Zhang et al., 2017).

In this study, DCGAN that is one of the GAN based architecture has been implemented to generate sperm patch images in order to augment data of small training sets. The performance metrics show that the created new images are similar to original images but consist of additional information different than the images generated by the regular spatial data augmentation techniques.

3. Materials and Methods

3.1. Dataset Information

The aim of the study is to create large sperm morphology datasets for different sperm morphology image sets. In this regard, three well-known publicly available datasets, namely SMIDS, HuSHeM, and SCIAN-Morpho, are utilized for training and testing of generative models. For datasets containing a very low amount of images, we use standard spatial-based data augmentation techniques, increasing the count of images to the required level for training of GANs. The number of original images contained in each dataset is shown in Table 1. The train and test partitions of the datasets are divided using the cross-fold format.

Table 1. Class names and sample sizes in the utilized datasets

SMIDS		HuSHeM		SCIAN-Morpho	
Labels	# of images	Labels	# of images	Labels	# of images
<i>Normal</i>	1021	<i>Normal</i>	54	<i>Normal</i>	100
<i>Abnormal</i>	1005	<i>Tapered</i>	53	<i>Tapered</i>	228
<i>Non-Sperm</i>	974	<i>Pyriiform</i>	57	<i>Pyriiform</i>	76
		<i>Amorphous</i>	52	<i>Small</i>	72
				<i>Amorphous</i>	656
Total	3000	Total	216	Total	1132

SMIDS was obtained from the Medical Faculty of Istanbul University. A smartphone-based data acquisition approach was used in the collecting of the semen samples. This novel data acquisition approach has been introduced in (Ilhan & Aydin, 2018) and validated over the motile sperm and concentration analysis. Totally 3000 segmented patches have been manually labeled as normal (1021), abnormal (1005), and non-sperm (974) patches by an expert. HuSHeM data set was created from semen samples of 15 patients in Isfahan Fertility and Infertility Center. It has four sub-classes which are normal, tapered, pyriform, and amorphous (Shaker et al., 2017). The images in the dataset are almost equally distributed into classes (around 50 samplers per class) but not enough to train for a deep network. Lastly, The SCIAN-Morpho consists of manually cropped and rotated human semen samples taken from the University of Chile, Faculty of Medicine Spermogram Laboratory Anatomy and Developmental Biology Program (Chang et al., 2017). The images were collected in a very small size of resolution, 35×35, gray-scale color space, and having imbalanced distribution per class. Therefore, the SCIAN-Morpho dataset is known as the most challenging dataset in this field. The effective data augmentation technique would provide a significant increment in the classification.

3.2. Methodology

In the proposed study, The Deep Convolutional Generative Adversarial Network (DCGAN) has been implemented for

sperm morphology image augmentation. DCGAN is one of the widely improved GAN structures used in the data augmentation steps for many other studies in the literature (Karras et al., 2019; Rubin et al., 2019). It uses the convolutional neural layers for both the generator and discriminator models. The training for this type of GAN results in more stable and accurate outcomes. This structure is used in combination with convolutional neural networks (CNNs) and GAN networks. In the structure of the model in this study, unlike other adversarial neural networks, convolutional networks are used that replace deterministic pooling functions such as max-pooling with long convolutions. This model that directly connects the largest convolutional layers of both generator and the discriminator pattern in the fundamental construction of the GAN model has shown encouraging outcomes in the latest studies. While other GAN models have used the single momentum to accelerate training, DCGAN uses Adam optimizer with tuned hyperparameters to achieve stable training results.

Three aforementioned datasets are sourced into the DCGAN architecture. For each dataset, the DCGANs were adequately trained by using different parameter determination and optimization settings. Then, 1000 images per class are generated after the training phase. The overall flow of the presented approach is depicted in Figure 1. The initial parameters, which are experimentally decided for the best performance, are given in Table 2.

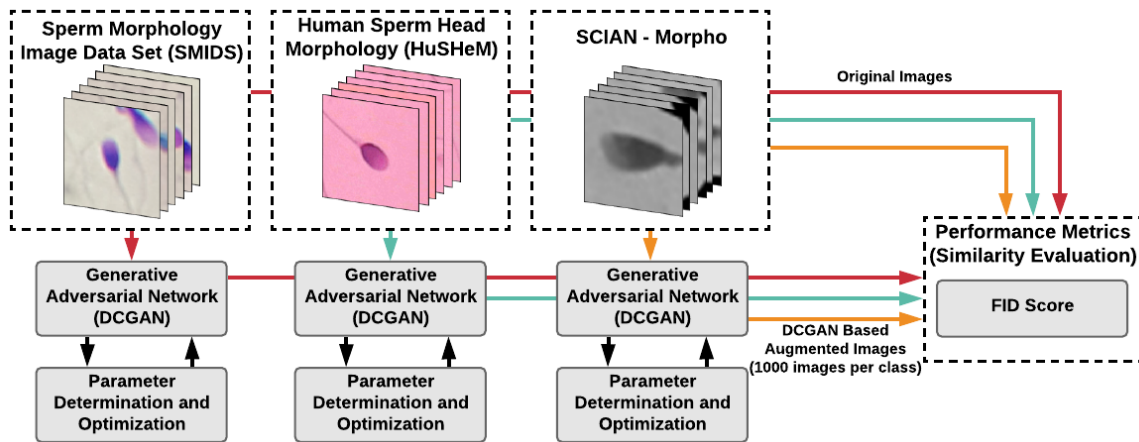


Figure 1. The flowchart of the presented approach

The activation functions in machine learning are in charge of processing the total input values from the node to the output. In other words, the activation determines whether the representations from the input domain are available in the different places of the forward path. As in real-life practices, these relationships require non-linear operations, some special mathematical functions, such as ReLU activation, are used. The following activation functions are the crucial parameters arranged in DCGAN in the proposed data augmentation approach.

1) *Rectified Linear Unit*: ReLU causes the model to learn more quickly during the training. ReLU has grown to be the default activation feature for many neural networks, especially CNN, since it is an activation function that simplifies the training procedure.

2) *Leaky ReLU*: Leaky ReLU is an activation function that fixes the "dying ReLU" problem. This problem arises when the neurons, linked to this function, always output 0 as the negative inputs cause.

Table 2. Parameter determination of DCGAN for each utilized sperm morphology dataset

SMIDS		HuSHeM		SCIAN-Morpho	
Parameters	Equivalent	Parameters	Equivalent	Parameters	Equivalent
Noise size	128	Noise size	128	Noise size	128
Learning rate for D	0.001	Learning rate for D	0.00004	Learning rate for D	0.00004
Learning rate for G	0.001	Learning rate for G	0.00004	Learning rate for G	0.00004
Batch size	64	Batch size	64	Batch size	64
Epochs	2,000	Epochs	2,500	Epochs	2,000
Beta1	0.9	Beta1	0.9	Beta1	0.9
Weights	0.002	Weights	0.002	Weights	0.002
Epsilon	1e-08	Epsilon	0.005	Epsilon	0.005

3.3. Performance Metric

The performance of the DCGAN based data augmentation technique, especially for the sperm morphological datasets, has been measured using Fréchet Inception Distance (FID) score. The formula of FID is given in Equation 1. FID is an objective metric that calculates the distance between feature vectors of original and generated (artificial) images. This metric is also involved in the utilization of the InceptionV3 model; deep learning neural network for image classifications. A low FID value indicates that the two image datasets are similar and having more similar close statistics.

$$d^2((m, C), (m_w, C_w)) = ||m - m_w||_2^2 + Tr(C + C_w - 2(CC_w)^{1/2}) \quad (1)$$

FID value is expressed as d^2 , where m and m_w represent the average of real and generated images in terms of their properties.

C and C_w are the covariance matrix for real and generated feature vectors called sigma. Tr corresponds to the *trace* linear algebra operation.

3.4. Application

The development environment of this study was implemented in Python programming language (Python 3.6) using Keras library within TensorFlow. Since speed and efficiency are important factors, PyCharm Community application development environments provided by Google Colab and JetBrains were mainly used. The GUI for the bulk image generation using the backend framework of the overall neural network structure was designed as shown in Figure 2. It was preferred to use the system interface with the Tkinter tool that comes with the Python programming language on the front side.

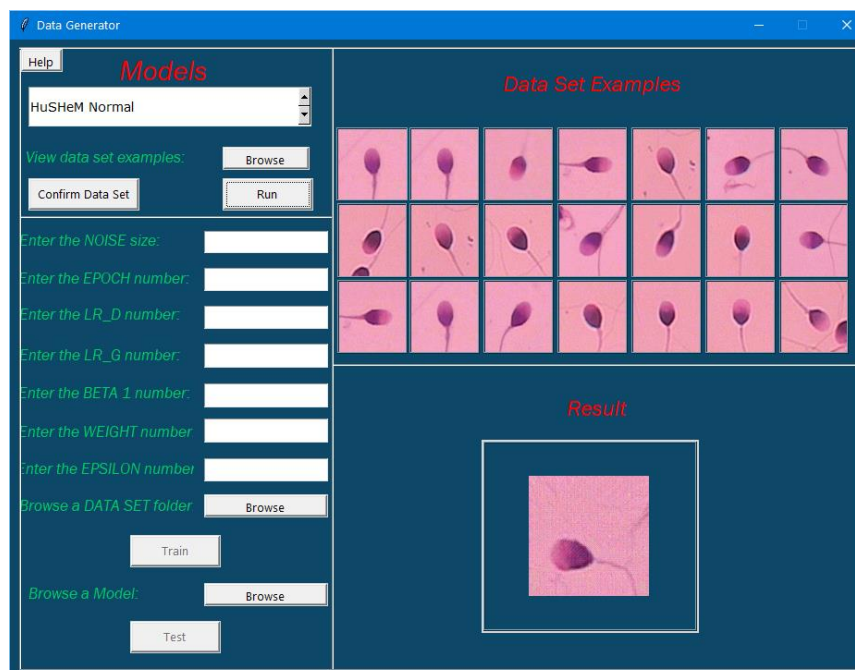


Figure 2: GUI of the application

The main idea of developing a GUI is to ease the process of fine-tuning for DCGAN. Users can easily arrange the parameters by using the GUI and start the training process. Additionally, GUI has been designed, dataset independent. Therefore, GUI can be used for any dataset to be augmented, not just for Sperm Morphology Datasets. The application is open source and freely downloadable from (Balayev et al., 2020).

4. Experimental Results

In the experimental phase of our research, different scenarios and parameter values have been tested to ensure a completely realistic synthetic version of images. We have the generated images as all the features from the original input domain. It was seen that values of the most appropriate results during the trials changed according to the size and characteristics of the applied datasets. In every machine learning system, statistical information about the success of the system is required by using different methods on the available data in order to measure the success of the installed system, thereby obtaining information about the accuracy and consistency. While the evaluations of the images were created at the initial stages, the testing was primarily conducted via human visual perception. Then fine-tuning is achieved according to the FID score metrics.

Early trials of the images were conducted on the SMIDS dataset with the default parameter values taken from the original

paper of the DCGAN model (Radford et al., 2016). However, these parameters did not perform promisingly for the HuSHeM and SCIAN-Morpho types of sperm datasets as the high learning rate caused the mode collapse problem, frequently observed on adversarial networks. We observed that, while the constant low learning rate of the networks used in training increased the overall quality of images by making the training more stable, it significantly reduces the time of the training process. We assigned learning rates for HuSHeM and SCIAN-Morpho datasets by logarithmically increasing and decreasing fashion. For the evaluation of the study, we kept the high noise size for all types of datasets to create more diverse data. Several examples for the generated samples are presented in Table 3. We compared our generated results with the original input dataset, and we observed that the artificial results resemble the original input domain quite adequately.

At the end of the study, FID scores were calculated for the generated results and given in Figure 3 using the bar plots. Low scores correspond to how synthetic images are similar to the original input data. We compared the 1,000 artificially generated images to original images located in the same class labels. Accordingly, some results were observably good, while there were some disrupted images as well. All these results were accomplished through the network parameters presented in Table 2.

Table 3. The example images obtained by DCGAN by using the corresponding original dataset images

SMIDS			HuSHeM			SCIAN-Morpho			
Original	DCGAN Results		Original	DCGAN Results		Original	DCGAN Results		
Normal				Normal					
Abnormal				Tapered					
Non-Sperm				Pyriform					
				Amorph.					
						Normal			
						Tapered			
						Pyriform			
						Small			
						Amorph.			

According to Figure 3, the best-generated images were obtained for the SMIDS dataset due to the lowest FID scores. An average of 29 FID score was measured for the SMIDS dataset. Images generated for the normal class were the most similar images to the original dataset. The less similar images have been generated for the Non-Sperm class; however, it is still better than

other classes for HuSHeM and SCIAN-Morpho datasets. The reason for this performance for SMIDS is about the sample sizes of the original dataset. SMIDS has significantly more images than HuSHeM and SCIAN-Morpho datasets which provides a better training process for DCGAN. On the contrary, HuSHeM has the fewest sample size. Therefore, the FID score was

measured as an average of 44.25. It is worse than SMIDS but better than SCIAN-Morpho due to having high-resolution images. The amorphous class is the most challenging class for HuSHeM because many abnormalities have been defined in the same class. Lastly, image generation for the SCIAN-Morpho

dataset resulted in the worst FID scores due to having fewer samples, data imbalance, and low-resolution problems. An average of 53.46 FID score was measured for the image generation of the SCIAN-Morpho dataset.

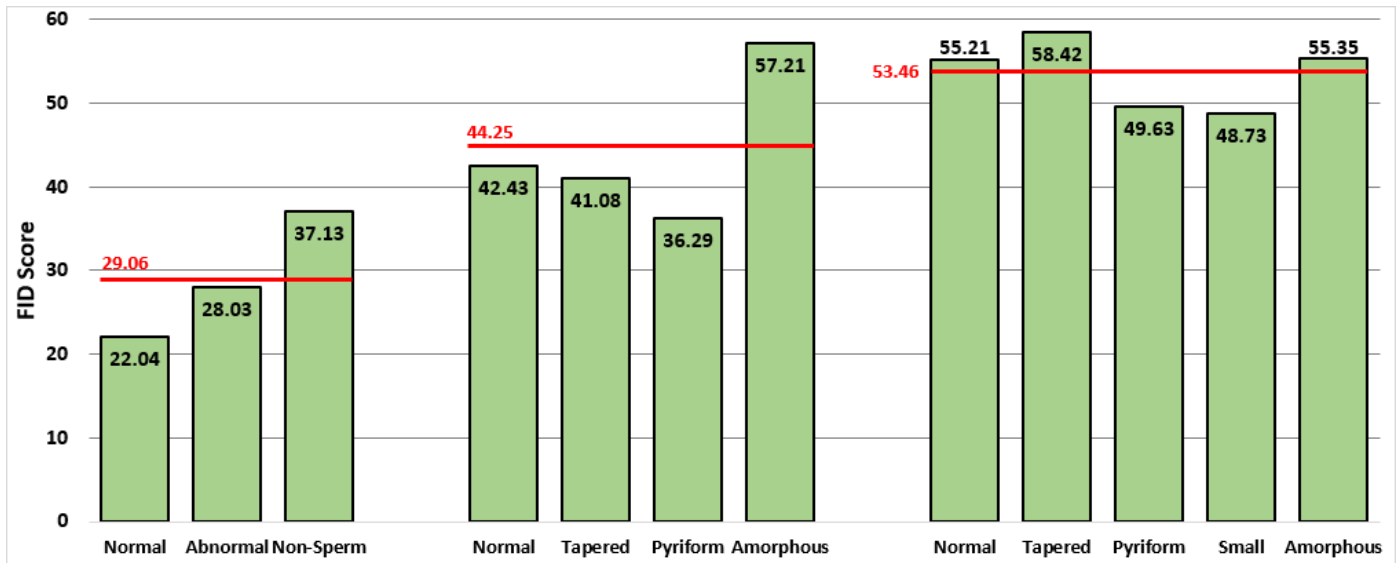


Figure 3. FID score over DCGAN-based generated datasets (Red Lines indicate the average FID scores per dataset)

5. Conclusion

In this study, one of the deep learning-based data augmentation techniques, DCGAN, has been implemented for the sperm morphology datasets in order to generate synthetic images. The performances of the DCGAN in terms of similarity between the generated and original images have been evaluated by FID scores. Additionally, an open-source GUI has been developed, in which the system can interact with the user for the fine-tuning procedure. DCGAN architecture has been used together with ReLU and Leaky ReLU activations, along with Adam optimization for high-resolution modeling. The proposed approach has been tested with three different sperm morphology datasets having different characteristics such as resolution, sample size, and color space. As an outcome of the comparisons, the best results have been inferred for the normal class of the SMIDS dataset with an FID score of 22.041, for the pyriform class of the HuSHeM dataset with an FID score of 36.297, and for the small class of SCIAN-MorphoSpermGS dataset with FID score 48.738. The results of this study indicated that one of the deep learning-based data augmentation techniques, DCGAN, is an effective technique to use as generating the synthetic sperm patch images for the augmentation. Adversarial networks can moderately recognize sensible characterizations of sperm shapes to form new images for generative modeling. While traditional spatial domain-based data augmentation techniques are effective in sperm morphological analysis, other techniques provided by GAN are promising as a preprocessing step of classification for future studies. We will also aim to use the created synthetic augmented datasets by DCGAN in the training of classification models such as inception, VGG16, etc., to enhance the classification performance in future studies.

References

- Balayev, K., & et al. (2020). *Synthetic data generation with DCGAN*. GitHub. <https://github.com/Kamran017/Synthetic-Data-Generation-With-DCGAN>
- Barişkan, M. A., Orman, Z., & Şamlı, R. (2020). Common generative adversarial network types and practical applications. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 585–590.
- Chang, V., Garcia, A., Hirschfeld, N., & Härtel, S. (2017). Gold-standard for computer-assisted morphological sperm analysis. *Computers in Biology and Medicine*, 83, 143–150.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. In Z. Ghahramani, M. Welling, C. Cortes, N. Lawrence, & K. Q. Weinberger (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems* (27).
- Ilhan, H. O., Sigirci, I. O., Serbes, G., & Aydin, N. (2020). A fully automated hybrid human sperm detection and classification system based on mobile-net and the performance comparison with conventional methods. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 58(5), 1047–1068.
- Ilhan, H. O., & Aydin, N. (2018). A novel data acquisition and analyzing approach to spermiogram tests. *Biomedical Signal Processing and Control*, 41, 129–139.
- Kapoor, D. A. (2021). The changing landscape of urologic practice. *Urologic Clinics*, 48(2).
- Karras, T., Aila, T., Laine, S., & Lehtinen, J. (2018). *Progressive growing of GANs for improved quality, stability, and variation*. <https://arxiv.org/abs/1710.10196>
- Karras, T., Laine, S., & Aila, T. (2019). A style-based generator architecture for generative adversarial networks. *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 4396–4405.

- Ledig, C., Theis, L., Huszár, F., Caballero, J., Cunningham, A., Acosta, A., Aitken, A., Tejani, A., Totz, J., Wang, Z., & Shi, W. (2017). Photo-realistic single image super-resolution using a generative adversarial network. *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 105–114.
- Mirza, M., & Osindero, S. (2014). *Conditional generative adversarial nets*. <http://arxiv.org/abs/1411.1784>
- Radford, A., Metz, L., & Chintala, S. (2016). *Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks*. <https://arxiv.org/abs/1511.06434>
- Rubin, M., Stein, O., Giryas, R., Roitshtain, D., & Shaked, N. T. (2018). Quantitative phase maps of live cells classified by transfer learning and generative adversarial network (GAN). *Imaging and Applied Optics 2018 (3D, AO, AIO, COSI, DH, IS, LACSEA, LS&C, MATH, PcaOP), CW2E.7*.
- Rubin, M., Stein, O., Turko, N. A., Nygate, Y., Roitshtain, D., Karako, L., Barnea, I., Giryas, R., & Shaked, N. T. (2019). TOP-GAN: Stain-free cancer cell classification using deep learning with a small training set. *Medical Image Analysis*, 57, 176–185.
- Shaker, F., Monadjemi, S. A., Alirezaie, J., & Naghsh-Nilchi, A. R. (2017). A dictionary learning approach for human sperm heads classification. *Computers in Biology and Medicine*, 91, 181–190.
- Tortumlu, O. L., & Ilhan, H. O. (2020). The analysis of mobile platform based CNN networks in the classification of sperm morphology. *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)*, 1–4.
- Vasconcelos, C. N., & Vasconcelos, B. N. (2017). *Increasing deep learning melanoma classification by classical and expert knowledge based image transforms*. <http://arxiv.org/abs/1702.07025>
- Yeh, R. A., Chen, C., Lim, T. Y., Schwing, A. G., Hasegawa-Johnson, M., & Do, M. N. (2017). Semantic image inpainting with deep generative models. *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 6882–6890.
- Yüzkat, M., Ilhan, H. O., & Aydın, N. (2020). Morphological classification of low quality sperm images using deep learning networks. *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)*, 1–4.
- Zhang, H., Xu, T., Li, H., Zhang, S., Wang, X., Huang, X., & Metaxas, D. (2017). StackGAN: Text to photo-realistic image synthesis with stacked generative adversarial networks. *2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 5908–5916.
- Zhao, J., Mathieu, M., & LeCun, Y. (2017). *Energy-based generative adversarial network*. <https://arxiv.org/abs/1609.03126>
- Zheng, Z., & Liu, J. (2020). *P²-GAN: Efficient style transfer using single style image*. <https://arxiv.org/abs/2001.07466>



Arazi Kullanımdaki Zamansal Değişimin Kıyı Kenar Çizgisi ve Mülkiyet Açısından Değerlendirilmesi: Erzin İlçesi Örneği

Fazıl Nacar^{1*}

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Bölümü, Osmaniye, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.956465)

ATIF/REFERENCE: Nacar, F. (2020). Arazi Kullanımdaki Zamansal Değişimin Kıyı Kenar Çizgisi ve Mülkiyet Açısından Değerlendirilmesi: Erzin İlçesi Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 315-324.

Öz

Kıyılar sahip oldukları doğal kaynaklar ve insanlar tarafından yerleşme, ulaşım, turizm ve ticaret gibi sektörlerin yoğun olarak yapıldığı mekanlardır. Bu nedenle kıyılar tahrip olmaya ve değişime uğramaya devam etmektedir. Ülkemizde kıyıların korunması ve kullanılması ile ilgili birçok mevzuat bulunmaktadır.

Kıyı kenar çizgisinin geçirilmesi ve kıyı planlaması önemli bir işlemdir. Kıyıdaki değişimin tespiti konusunda farklı zamanlarda üretilmiş hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sayede kıyıdaki tahribatlar kolaylıkla ortaya çıkmaktadır. Koruma kullanma dengesi ve yapılması gereken denetim ve işlemler konusunda resmî kurumlara ışık tutmaktadır.

Bu çalışmada Hatay ili Erzin ve Dörtüol ilçelerinin doğu Akdeniz sahil bölgesindeki arazi kullanımlarındaki zamansal değişim farklı tarihlerde üretilmiş ortofoto ve fotogrametrik haritalar yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve kıyı kenar çizgisi, arazi planlaması ve mülkiyet üzerindeki etkisi araştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın amacı Doğu Akdeniz bölgesinde Erzin ve Dörtüol ilçeleri sahil bölgesinde arazi kullanımındaki zamansal değişimi tespit etmek, değişim sürecinin kıyı kenar çizgisi, arazi planlaması ve mülkiyet üzerindeki etkisini araştırmaktır. Kurumsal olarak Kadastro Müdürlüğü, belediyeler, Çevre ve Şehircilik müdürlüğü gibi kurumlara araştırma sonuçları konusunda bilgiler sunulacak ve araştırma sonucunun hayata geçirilmesi konusunda önerilerde bulunulacaktır.

Çalışmada kıyı kenar çizgisi çalışmaları başlamadan önce ve sonraki arazi kullanımındaki zamansal değişimle birlikte mülkiyet durumu ve arazi planlaması irdelenmiş, bu bölgedeki hak sahipliği ve ihlaller ortaya çıkarılmıştır. 1975 ve 2011 tarihli hava fotoğrafları ile 2015 tarihli ortofoto kullanılarak kadastro haritası ve kıyı kenar çizgisi noktaları karşılaştırılarak mülkiyet ve planlama konusunda analiz yapılmıştır. Ayrıca bölgedeki kıyı kenar çizgisine yapılan ihlaller mahalle ve parsel bazlı olarak ortaya konmuştur. Bu sayede kurumlar, denetim ve koruma konusunda gerekli işlemleri yapacaklardır.

Anahtar Kelimeler: Kıyı Kenar, Ortofoto, Zamansal Değişim, Arazi Planlaması, Mülkiyet.

Evaluation of Temporal Change in Land Use in Terms of Coastal Line and Ownership: The Case of Erzin District

Abstract

Coasts are places where sectors such as settlement, transportation, tourism and trade are intensely carried out by their natural resources and people. Therefore, the coasts continue to be destroyed and changed. In our country, there are many legislation related to the protection and use of the coasts.

Passing the coastal line and coastal planning is an important process. Aerial photographs and satellite images produced at different times are frequently used to detect the change on the shore. Thus, the damage on the shore can be easily seen.

In this study, the temporal change in land use in the eastern Mediterranean coastal region of Erzin and Dörtüol districts of Hatay province was analyzed comparatively with the help of orthophoto and photogrammetric maps produced at different dates, and the effects on the coastal edge line, land planning and property were evaluated.

The aim of the study is to determine the temporal change in land use in the coastal region of Erzin and Dörtüol districts in the Eastern Mediterranean region, and to investigate the effect of the change process on the coastal edge line, land planning and property.

* Fazıl Nacar: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Bölümü, Osmaniye, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8434-5038,

Institutionally, institutions such as the Cadastre Directorate, municipalities, the Directorate of Environment and Urbanization will be provided with information on the results of the research and recommendations will be made on the implementation of the research result.

In the study, ownership status and land planning were examined before and after the start of the coastal line studies, together with the temporal change in land use, and rights ownership and violations in this region were revealed. By using aerial photographs dated 1975 and 2011 and orthophoto dated 2015, cadastral map and shore edge line points were compared and an analysis was made on ownership and planning. In addition, violations of the coastal line in the region have been revealed on the basis of neighborhoods and parcels. In this way, the institutions will take the necessary actions for inspection and protection.

Keywords: Coastal Edge, Orthophoto, Temporal Change, Land Planning, Property.

1. Giriş

Dünyada ilk yaşam aktivitelerinin görüldüğü ve insanların medeniyetler kurarak hayatını sürdürdüğü alanlar, su kaynaklarının bol olduğu bölgeler olmuştur. Günümüzde dünya nüfusunun 2/3' ünün yaşamını sürdürdüğü kıyı bölgelerinin önemi sürekli olarak artmaktadır. (Aykut vd., 2005). Türkiye nüfusunun yaklaşık yüzde altmış beşi kıyı bölgelerinde yaşamaktadır. (URL.2) Türkiye İstatistik Kurumu, 2019-a). Konut, sanayi, ticaret ve turizm sektörlerinin gelişme etkisine yoğun olarak uğrayan kıyı bölgelerinde yığılmalar olmaktadır. (Öztürk D.,2013) Bu etki nedeniyle kıyılarda doğal ya da yapay değişimler görülmektedir. Kıyı bölgelerinin önemi bakımından iyi korunması ve yönetilmesi gerekmektedir. Türkiye kıyı kanunlarına göre; kıyı çizgisi, deniz, göl ve nehirlerde, taşkın durumları haricinde, hava olaylarına göre değişen, suyun kara parçasına değdiği noktaların birleşmesinden oluşan tabi hattır. (URL.1). Kıyı çizgisinin belirlenmesi ve izlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Gens R., (2010), Li R., Di K., and Ma R., (2001).

Türkiye'deki deniz ve kıyı mevzuatı incelendiğinde; denizlerin ve kıyıların Devlet kontrolünde olduğu, kıyılarda özel mülkiyet bulunmadığı ve bu alanların tescil edilemediği belirtilmektedir. Tersine kıyıların çeşitliliği, önemi hızla arttığı, yenilenemez ve tekrar üretilemez oldukları için, bu değişen alanları kontrol etmek ve bu çeşitli faaliyet ve talepleri sınırlamak ve araştırmak için kayıt ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. (Çay, T and Nacar, F. 2016).

Geçmişten günümüze insanların yerleşerek uygarlıklar kurduğu, uluslararası kültür ve ticaret alışveriş alanları olan kıyı bölgeleri bugünde konut, sanayi, enerji, gemi yapımı, turizm, ticaret, ulaşım ve balıkçılık gibi sektörlerin konumlanmak için rekabet ettiği alanlardır. Kıyılara yerleşme konusundaki bu yarış uyumsuz kullanım biçimlerine kıyıdaki doğal kaynakların ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olan plansız yerleşmeleri artırmaktadır. Bu plansız yerleşmeler nedeniyle sosyal, ekonomik, çevresel ve mekânsal sorunlar oluşmaktadır. (URL.4).

Hem dünyada hem de ülkemizde kıyı-kıyı kenar çizgisi ve kıyı çizgisi değişiminin tespit edilmesi problemleri bulunmaktadır. Kıyı kenar çizgisinin belirlenmesinde, yersel ve hava fotogrametrisi, LİDAR sistemleri ve klasik ölçme teknikleri kullanılmaktadır. Uzaktan algılama yönteminde kullanılan uyduların özelliklerine göre hassasiyeti ve maliyeti değişen uydu görüntülerinin çok tercih edildiği gözlenmiştir (Ünel vd., 2019). Landsat görüntüleri analiz edilerek kıyı bölgelerinde ve kritik arazilerde değişiklikler belirlenmiştir. Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri GIS kullanılarak analiz edilmiştir. (Supriyono,2018). Kazakistan'da Alakol Gölü boyunca kıyı şeridi değişimindeki geçmiş eğilimleri araştırılmış ve uydu görüntüleri Landsat-5 TM, 7 ETM +, 8 OLI ve Sentinel-2A olmak üzere uzaktan algılama verilerini

kullanarak değişim oranını tahmin edilmiştir. (Velayev, A., and other.,2019) Bangladeş'in Hatiya Adası'nda 1989'dan 2010'a kadar kıyı şeridi değişikliklerini izlemek için entegre uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (GIS) tekniklerini kullanılmıştır. Hatiya Adası kıyı bölgesinde belirtilen dönemde meydana gelen zamansal değişiklikleri ölçmek için Thematic Mapper (TM) ve Enhanced Thematic Mapper (ETM) uydu görüntüleri kullanılmıştır. ((Ghosh, M. K., Kumar, L., and other 2015). Güneybatı Tayvan'daki uzun vadeli kıyı değişimine ilişkin bir vaka çalışması veri kümesinin analizine dayanan bir yönetim çerçevesinin ana hatlarını çizmiştir. 1974 ile 2015 yılları arasında uydudan türetilen bir dizi görüntü değerlendirilmiştir. Ulusal çaptaki en iyi kıyı çevre koruma planı, kentleşmenin ertelenmesini ve kullanılmayan kıyı sulak alanlarının korunmasını önerilmiştir. (Chang, Y. And other 2018). Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri temel alınarak, 1962-2005 yılları arasındaki periyotta, Kepez Deltasındaki arazi kullanım özellikleri ve kıyı çizgisi değişimlerini ortaya koyulmuştur. (Akbulak, C and other .2008). Sakarya Karasu nehrinin kıyı şeridindeki değişimi değişik tarihli uydu görüntüleriyle tespit etmişlerdir (Aydın .M ve Uysal.M 2013).

Kıyı ve sahil şeritlerinde doğal dengenin korunması, mülkiyet analizlerinin yapılması ve bu çalışmalarla ilgili en etkin planlama kararlarını verebilmek için bölgenin uydu görüntüsü veya sayısal verileri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi ile Kıyı Alanı Yönetim Bilgi Sistemleri gerçekleştirilerek öncelikle mevcut durum ortaya konulmuştur. Daha sonra bu sistem yardımıyla Kıyı Alanlarının takip, denetim ve korunması sağlanması önerilmiştir. (Sesli F.A ve ark 2002.)

Yapılan çalışmayla Doğu Akdeniz de Hatay ili Erzincan İlçesi sınırlarında kalan ve sahil şeridini oluşturan Turunçlu (kadaströ yenilemesi sonrası Yukarıburnaz, Aşağıburnaz ve Turunçlu olarak üç mahalleye ayrıldı) , Yeşilkent (sahil bölgesi kadaströ yenileme çalışması sonrası Aşağıburnaz Mahallesi oldu) ve Dörtöyl İlçesi Yeniyurt , mahallelerinin kıyı bölgesinde arazi kullanımındaki zamansal değişim hava fotoğrafları ve ortofoto yardımıyla tespit edilmiş, Kıyı kenar çizgisi koordinatları , kadaströ haritalarıyla karşılaştırılmıştır. Kıyı kenar çizgisi içerisinde (ihlal eden) kalan parseller mahalle bazında belirlenmiş ayrıca ihlal miktarları alansal olarak hesaplanmıştır. Ayrıca arazi kullanım planlaması incelenmiş ve kıyı bölgesindeki plan revizyonları ve kıyı bölgesine etkileri değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada kıyı kenar çizgisi çalışmaları başlamadan önce ve sonraki arazi kullanımındaki zamansal değişimle birlikte mülkiyet durumu da irdelenmiş, bu bölgedeki hak sahipliği ve ihlaller ortaya çıkarılmıştır. Harita genel müdürlüğünden alınan 1975 ve 2011 tarihli hava fotoğrafları ile Hatay Büyükşehir Belediyesinden temin edilen 2015 tarihli ortofoto kullanılarak kadaströ haritası ve kıyı kenar çizgisi noktaları karşılaştırılarak mülkiyet konusunda analiz yapılmıştır. Ayrıca bölgedeki kıyı kenar çizgisine yapılan ihlaller mahalle ve parsel bazlı olarak ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kıyı Mevzuatı

Kıyı kanunu göre;

Tanımlar;

Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden Kıyı çizgisi oluşmaktadır. Kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırı kıyı kenar çizgisini oluşturmaktadır. Kıyı çizgisi ve kıyı kenar çizgisi arasındaki alana kıyı denmektedir. Kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde yatay olarak en az 100 metre genişliğindeki alan sahil şeridi olarak tanımlanmaktadır.

Kıyılar ile İlgili Genel Esaslar;

Kıyılar, Devletin hüküm ve tasarrufu altında, herkesin eşit ve serbest olarak yararlanmasına açıktır, bu alanlardan yararlanmada öncelik kamu yararına göre düzenlenir. Bu alanlarda planlama ve uygulama yapılabilmesi için kıyı kenar çizgisinin tespiti zorunludur., Talep tarihini takip eden üç ay içinde kıyı kenar çizgisinin tespiti zorunludur. Sahil şeritlerinde yapılacak yapılar kıyı kenar çizgisine en fazla 50 metre yaklaşabilir. Kıyı kenar çizgisi, valiliklerce, kamu görevlilerinden oluşturulacak, jeoloji mühendisi, jeolog veya jeomorfolog, harita ve kadaastro mühendisi, ziraat mühendisi, mimar ve şehir plancısı, inşaat mühendisinden oluşan en az 5 kişilik bir komisyonca tespit edilir. Komisyonca tespit edilen kıyı kenar çizgisi valiliğin uygun görüşü ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının onayıyla yürürlüğe girer.

Uygulama imar planı bulunmayan alanlardaki sahil şeritlerinde, 4'üncü maddede belirtilen mesafeler içinde hiçbir yapı ve tesis yapılamaz. Uygulama imar planı bulunan yerlerde duvar, çit, parmaklık, tel örgü, hendek, kazık ve benzeri engeller oluşturulamaz. Moloz, toprak, cüruf, çöp gibi kirletici ve çevreyi bozucu etkisi olan atık ve artıklar dökülemez, kazı yapılamaz. Ancak bu alanlarda; uygulama imar planı kararıyla altı ve yedinci maddede belirtilen yapı ve tesislerle birlikte toplum yararına açık olmak şartıyla konaklama hariç günü birlik turizm yapı ve tesisleri yapılabilir.

Bütünleşik Kıyı Planları;

“Kıyıları, etkileşim alanı ile birlikte tüm sektörel faaliyet ve planları, sosyal ve ekonomik konuları da içerecek şekilde bütünleşik bir yaklaşımla ele alan, koruma ve kullanma dengesini sağlayacak biçimde mekânsal hedef, strateji ve eylem önerilerini ve yönetim planını kapsayan, 1/25.000 veya 1/50.000 ölçekte şematik ve grafik planlama diline uygun, plan paftası ve planlama raporu ile bütün olarak stratejik planlama yaklaşımı çerçevesinde ilgili kurum ve kuruluşlar ile işbirliği içinde hazırlanan plandır.”(URL .4).

2.2. Hatay İli Erzin ve Dörtüol İlçeleri Hakkında

Hatay ili ülkemizin güneyinde doğu Akdeniz bölgesinde İskenderun körfezinde yer almaktadır. Kuzeyinde Adana, Osmaniye, Gaziantep ileri, güney ve doğusunda Suriye, kuzeydoğusunda Gaziantep, kuzey ve kuzey batısında Osmaniye ve Adana, batısında ise Akdeniz ile çevrilidir. İlin Doğu Akdeniz'e 185 km kıyı şeridi mevcut olup yüzölçümü 5.403 km²'dir. (URL.3).

Erzin ve Dörtüol, Hatay'ın bir ilçeleridir. Erzin Adana, Osmaniye, Dörtüol ve İskenderun Körfezi ile çevrilidir. Erzin İlçesi'nin Doğu Akdeniz'e 10 km kıyısı mevcuttur. Erzin İlçesi Kıyı bölgesinde Aşağıburnaz, Yukarıburnaz, Turunçlu, Yeşilkent mahalleleri bulunmaktadır. (URL.3,2020). Dörtüol İlçesi Doğu Torosların uzantısı olan Amanos Dağları ile Akdeniz'in İskenderun Körfezi arasında Kuzey-Güney doğrultusunda uzanan Dörtüol ve Payas Alüvyial ovalarından meydana gelmiştir. Kuzeyinde Erzin, Güneyinde ise İskenderun İlçesi bulunmaktadır. (URL.5) Dörtüol İlçesi kıyı uzunluğu yaklaşık 18 km olup, kıyı bölgesinde Yeniyurt, Yeşilköy, Çaylı, Numuneevler ve Özerli mahalleleri bulunmaktadır.

2.3. Çalışma Alanı Hakkında

2.3.1. Çalışma alanının Kadastral İncelemesi

Hatay ili Erzin İlçesi'nin Doğu Akdeniz'le kıyı ilişkisi olan Turunçlu (kadaastro yenilemesi sonrası Yukarıburnaz, Aşağıburnaz ve Turunçlu olarak üç mahalleye ayrıldı), Yeşilkent (sahil bölgesi kadaastro yenileme çalışması sonrası Aşağıburnaz Mahallesi oldu) ve Dörtüol İlçesi Yeniyurt mahalleri bulunmaktadır.

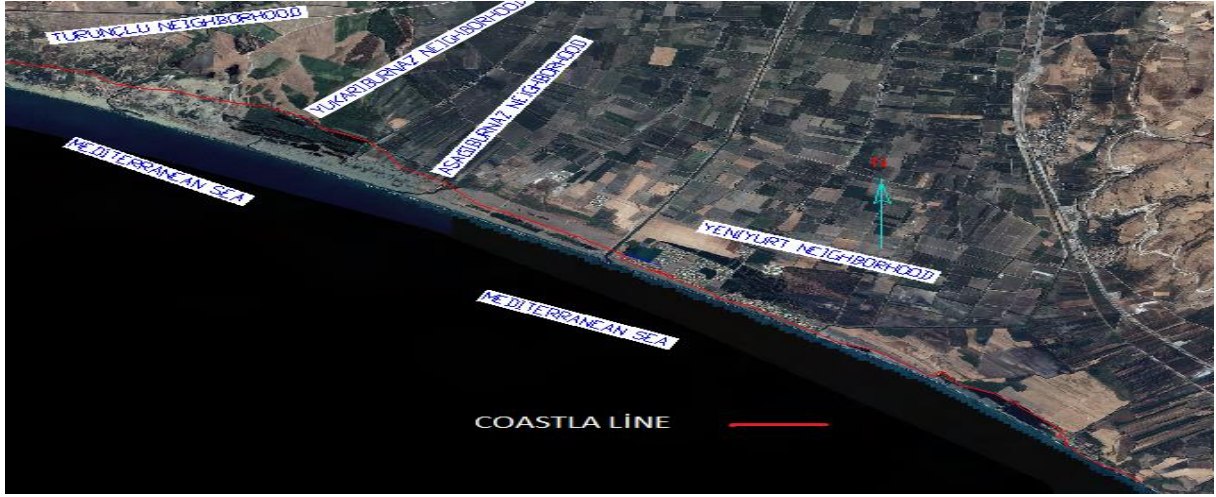
Çalışma alanına ait kadastral paftalar Hatay Kadaastro Müdürlüğünden ve tapu kayıtları da Erzin ve Dörtüol Tapu Müdürlüklerinden temin edilmiştir.

Turunçlu, Yeniyurt ve Yeşilkent mahallelerinin ilk tesis kadastroları 1964 yılında yapılmış olup , kadaastro yenileme çalışmaları günceldir. Turunçlu Mahallesi kadaastro yenileme çalışması 08.10.2020 tarihinde ve Yeşilkent Mahallesi yenileme kadaastro da 12.10.2020 tarihinde kesinleşmiştir.

Erzin İlçesi kıyı şeridinde kalan Turunçlu (kadaastro yenilemesi sonrası Yukarıburnaz, Aşağıburnaz ve Turunçlu olarak üç mahalleye ayrıldı) Yeşilkent (sahil bölgesi kadaastro yenileme çalışması sonrası Aşağıburnaz Mahallesi oldu) ve Dörtüol İlçesi Yeniyurt mahallerinin Kadaastro haritaları birleşik olarak gözükmetedir. Söz konusu mahallelerde kadaastro yenileme çalışmaları yapılmış ve kadastral parseller ülke koordinat sistemi ile sayısal olarak oluşturulmuştur.

2.3.2. Kıyı Kenar Çizgisi Bakımından İnceleme

Kıyı kenar çizgisi haritaları Hatay Çevre ve şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışma bölgemiz Erzin İlçesi'nin Doğu Akdeniz'e 12630 metre kıyısı olup bu alanda Aşağıburnaz, Yukarıburnaz, Turunçlu, Yeşilkent ve Yeniyurt (Dörtüol'a bağlı kısmen) mahalleleri bulunmaktadır.



Şekil 1 Erzin İlçesi kıyı kenar çizgisi noktaları

Şekil 1 de Erzin İlçesi kıyı kenar noktaları, Hatay çevre şehircilik il müdürlüğünden temin edilmiştir. Kıyı kenar çizgisi Hatay Valiliği'nce oluşturulan komisyonca tespit edilen ve Valilikçe uygun görülen kıyı kenar çizgisi 3621 sayılı Kıyı Kanununun 9.maddesi uyarınca 04.09.2000'de Bayındırlık ve

İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü'nce onaylanmıştır. Onaylanan kıyı kenar çizgisi noktaları kadastro yenileme çalışmalarında dikkate alınarak kadastro haritasıyla ilişkilendirilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı kıyı kenar çizgisi tespitleri

İlçesi	Mahalle	Kıyı uzunluğu(metre)	KKÇ tespiti yapılmış parsel sayısı	Gerçekleşme oranı (%)
Dört Yol	Yeni yurt	5500	83	100
Erzin	Turunçlu, Aşağıburnaz, Yukarıburnaz	5880	5	100
Erzin	Yeşilkent (Aşağıburnaz)	1250	1	100

Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere Yeşilyurt Mahallesi kıyım uzunluğu 5500 m ve 83 kadastro parseli Kıyı kenar çizgisiyle ilişkilidir. Turunçlu, (Aşağıburnaz, Yukarıburnaz) Mahallesi 5580m kıyı uzunluğuna sahip ve 5 kadastro parseliyle ilişkilidir. Yeşilkent (Aşağıburnaz) Mahallesi en kısa kıyı uzunluğuna sahip ve 1250m kıyı uzunluğunda bir kadastro parseliyle ilişkilidir.

2.3.3. Zamansal Değişim Açısından İnceleme

Çalışma bölgemiz olan Hatay ili Erzin İlçesi'nin Doğu Akdeniz kıyılarındaki Turunçlu, Yukarıburnaz, Aşağıburnaz (Yeşilkent) ve Yeni yurt mahallelerine ait eski ve yeni tarihli hava fotoğrafları ve ortofotolar Harita Genel müdürlüğünden ve Hatay Büyükşehir belediyesinden temin edilmiştir. Hava fotoğrafları 1975 ve 2011 tarihinde üretilmiştir. Ortofoto ise 2015 tarihinde üretilmiştir. Bu veriler ışığında 30 yıllık bir zaman sürecindeki kıyı bölgesinin değişimi analiz edilmiştir Erzin belediyesinden alınan Hatay ili Çevre düzeni planı Antakya O36 paftası 1/100.000 ölçeğinde olup çalışma bölgemizi de içine alan kıyı bölgesindeki arazi kullanım planlamasını ortaya koymaktadır. Arazi kullanım planlamasındaki değişim kıyı bölgesindeki değişimin en önemli sebeplerinden biridir.

2.4. Dijital (Sayısal) Fotogrametri

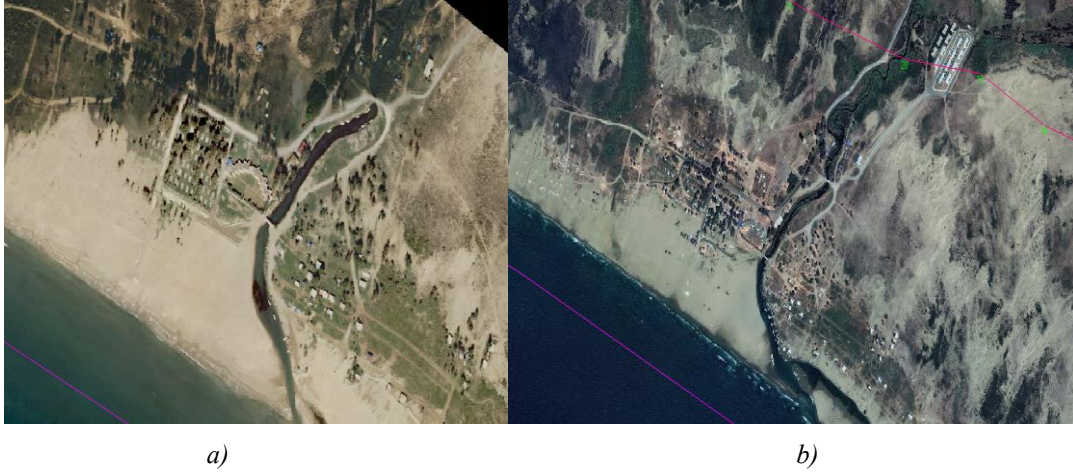
Sayısal hava kümesinin kullanımıyla fotogrametri üretim süreci değişmiştir. Analog kameradaki kavramlar değişmiş, maliyet azalmış otomasyonda fayda sağlanmıştır. Resim ölçeği yerine yer örnekleme aralığına bırakmıştır. Film ve banyo işlemleri ortadan kalkmış ve yerine bilgisayarda hem görüntülerin işleme süreci ortaya çıkmıştır (Kıracı et al., 2010). Fotogrametri olarak sayısal yükseklik modeli, ortofoto harita ve vektör harita üretilebilmektedir.

3. Uygulama

3.1. Kıyı Bölgesindeki Zamansal Değişimin İrdelenmesi

Yaptığımız çalışmada Harita genel müdürlüğünden elde ettiğimiz kıyı bölgesi hava fotoğrafları üzerinde geometrik düzeltme yapılarak, kıyı kenar çizgisi koordinatlarıyla çakıştırılmıştır. 1975 tarihli hava fotoğrafında kıyı bölgesindeki durumla (yapılaşma ve arazi kullanım durumu) 2011 tarihli hava fotoğrafındaki durum ve 2015 tarihli ortofotodaki durum karşılaştırılmıştır.

Turunçlu Mahallesi'nin kıyı bölgesine ait Harita Genel müdürlüğünden alınan 1975 tarihli hava fotoğrafından anlaşılacağı üzere yapı bulunmamaktadır.

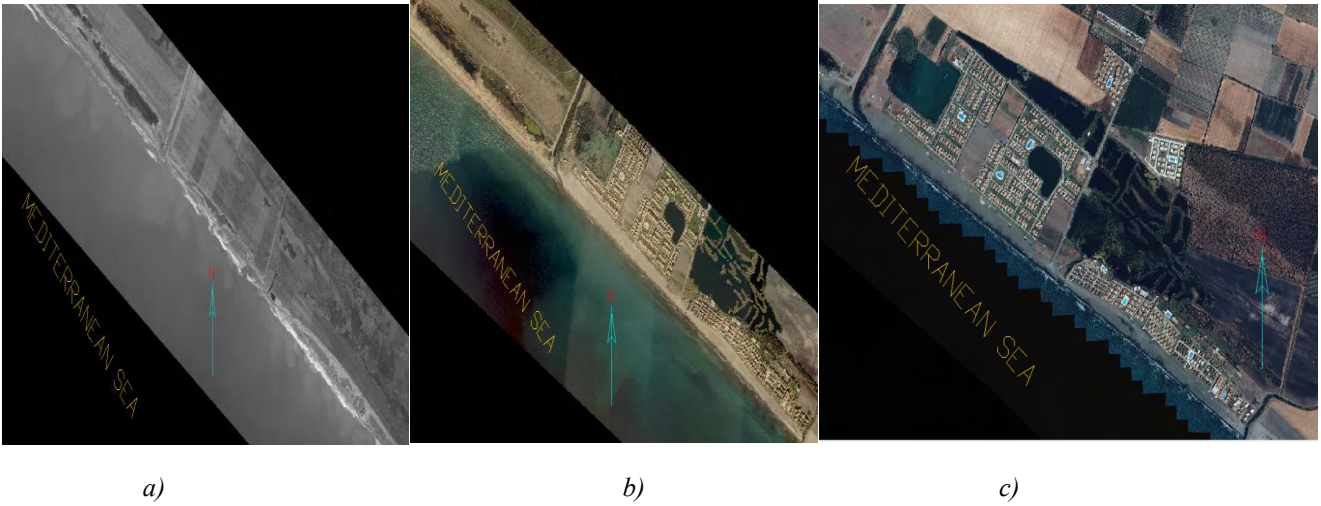


Şekil 2. a) 2011 tarihli hava fotoğrafındaki b)2015 ortofotodaki görünüşü

Şekil 2'den anlaşılacağı üzere 2011 yılındaki hava fotoğrafında kıyı bölgesinde yapılaşmalar gözükmemektedir. Şekil 2. b) deki 2015 tarihli ortofotoya göre ise yapıların yıkıldığı (Hatay büyükşehir belediyesi tarafından) gözükmemektedir.

uzunluğunun (1250m) diğer mahallelere göre kısa olması ve tek parsellik kamu mülkiyetinde bir parsel ve tescil harici alan oluşu yapılaşmayı engellemiştir. Bu mahalle kıyısında herhangi bir yapılaşma söz konusu değildir.

Aşağıburnaz Mahallesi 1975 ve 2011 tarihli hava fotoğrafındaki görüntüye ve 2015 tarihli ortofotoya göre kıyı



Şekil 3. Yeni yurt Mahallesi a) 1975 tarihli hava fotoğrafındaki görünüşü, b) Yeni yurt Mahallesi 2011 tarihli hava fotoğrafındaki görünüşü c) 2015 tarihli ortofoto

Şekil 3'den anlaşılacağı üzere 1975 tarihinde Yeni yurt kıyı bölgesinde herhangi bir yapılaşma yok iken 2011 ve 2015 yıllarında kıyı bölgesinde birçok yapı yapılmıştır.2011 yılında ki hava fotoğrafında sadece kıyıda yapılaşma gözükürken 2015 tarihli ortofotoya göre ise içe doğru yapılaşmanın arttığı anlaşılmaktadır.

3.1.1. Arazi Kullanım Planlaması Konusunda Değerlendirme

İskenderun Körfezi (Adana, Mersin, Hatay) Bütünleşik Kıyı Alanları Planı 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'nin 7. maddesi uyarınca 08.10.2015 tarihinde onaylanmıştır. İskenderun Körfezi Bütünleşik Kıyı Alanları Planı'nın amacı; ülkemizin kıyı bölgelerinde kentleşme, sanayileşme, turizm ve ikinci konut gelişmesi gibi nedenlerle bir dizi sorunun bulunduğu, ülkemizin kıyı alanları için bütünleşik bir planlama ve yönetim modelinin geliştirilmesi hedefiyle İskenderun Körfezi Kıyı Alanları için her tür ve

ölçekteki arazi kullanım planları, sektörel planlar, projeler, uygulamalar, bunların izleme ve denetleme çalışmalarına esas olacak stratejilerin ve kararların geliştirilmesidir.

Dört yol Erzin Planlama Bölgesi 5 alt bölgeye ayrılmıştır. 5A Bölgesinde Mevcut ve Planlı Tesisler İskele ve Deniz Terminalleri, Deniz İçi Boru Hatları, Limanlar, Dolgu Alanları, Gemi Bakım Onarım Tesisleri ve Gemi İnşa Sanayi Tesisleridir. Bölgede yer alması planlanan öncelikli tesisler ise Deniz içi Boru Hatları, İskeleler, Gemi Bakım Onarım tesisleri, Gemi inşa Sanayi tesisleri ve limanlardır.

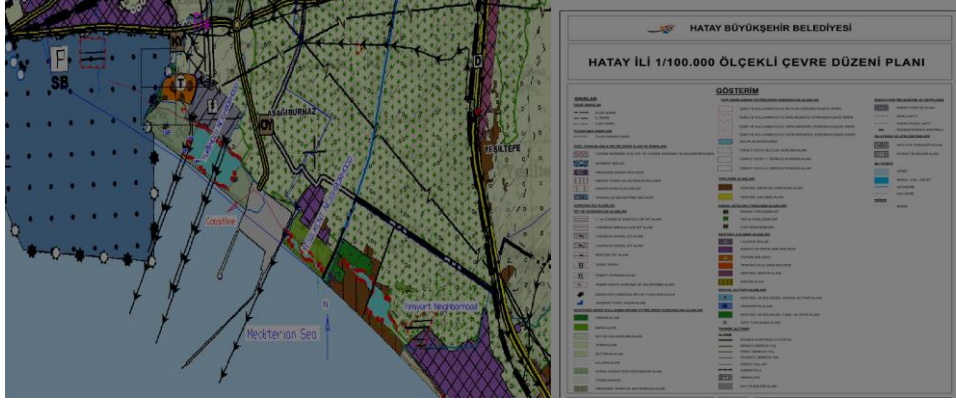
Şekil 4'deki Hatay il Çevre Düzeni Planına göre çalışma bölgemiz olan Erzin İlçesi Turunçlu, Yeşilkent ve Dört yol İlçesi Yeni yurt mahallerindeki arazi kullanım planlaması gözükmemektedir.

Turunçlu Mahallesi çevre düzeni planında Aşağıburnaz olarak gösterilmiştir. Buna göre kıyı şeridi içerisindeki arazi kullanım planında Serbest Bölge, Doğal karakteri korunacak alan, Sulak alan ve liman gibi kıyı tesisleri alanı planlanmıştır.

Ayrıca bu mahallede birden çok boru hattı gösterimi de bulunmaktadır.

Yeşilkent Mahallesi'nde ise kıyı şeridi içerisinde sulak alan ve boru hattı gösterimi bulunmaktadır.

Yeni yurt Mahallesi çevre düzeni planında kıyı şeridi uzunluğu fazla olması sebebiyle arazi kullanım planlamasında daha çok çeşitlilik bulunmaktadır. Buna göre bu mahallenin planlamasında kentsel yerleşik alan, sulak alan, sanayi depolama alanı ve boru hattı gibi gösterimler mevcuttur.



Şekil 4. Hatay il Çevre Düzeni Planı örneği ve lejanti

Yeni yurt Mahallesi'nde 1986 tarihinde mevzi planlar yapılarak onaylanmış ve yapılaşmanın önü açılmıştır. Mevzi planlar 1986 tarihinde belediye sınırları dışında il özel idaresi tarafından onaylanmıştır. Bu planlara göre kıyı bölgesinde tatil siteleri yapılmıştır.

3.2. Mülkiyet Açısından İrdeleme

3.2.1. Turunçlu ve Yukarıburnaz Mahallesi İncelemesi

Turunçlu (Yukarıburnaz Mahallesi) Mahallesi'nde kıyı kenar çizgisi sınırlarında kalan ve dava açılan 1003(596/17),1008(596/16),1022(596/20),1023(596/19),1024(596/18) nolu parseller bulunmaktadır. Çizelge de kıyı kenar çizgisinde kalan parseller numaraları, yüzölçümleri ve cinsi gözükmektedir.

Tablo 2. Turunçlu Mahallesi Kıyı-Kenar çizgisi ihlal miktarları

Mahalle	Ada/Parsel No	KKÇ İhlal Miktarı (M ²)	Type Of Property	Malik Bilgisi
Turunçlu	1003(596/17)	449046,21	Tarla	Davalı
Turunçlu	1008(596/16)	37609,37	Arsa	Davalı
Turunçlu	1022(596/20)	332190,88	Tarla	Davalı
Turunçlu	1023(596/19)	40120,62	Tarla	Davalı
Turunçlu	1024(596/18)	444688,5	Tarla	Davalı

Şekil 5 de kıyı kenar çizgisi sınırlarında kalan 1022(596/20), 1023(596/19), 1024(596/18) nolu parsellerin kadastral krokisi gözükmektedir. Buna göre parsellerin tamamı kıyı kenar çizgisinde kalmaktadır. Parsellerin mülkiyet ilgili

dava süreci devam etmektedir. Yine 596 ada 20 parselin kuzeyinde ve batısında tescil dışı alanlar mevcuttur. Bu alanların bir bölümü şahıslar tarafından işgal edilerek yazlık amaçlı derme çatma barakalar yapılmaktadır



Şekil 5. Turunçlu (Yukarıburnaz) Mahallesi kıyı kenar çizgisi ihlal haritası, mülkiyet (yeşil) ve Kıyı kenar çizgisi (kırmızı).

3.2.2. Aşağıburnaz Mahallesi

Aşağıburnaz (Yeşilkent) Mahallesi'nin haritasından da anlaşılacağı üzere kıyı şeridi 1250m olup diğer iki mahalleye göre en kısa kıyı şeridinde sahiptir. Kadastral anlamda kıyı kenar çizgisi içerisine sadece bir parsel kısmen kalmaktadır. 631ada 107 (9538eski parsel no) nolu parsel kısmen kıyı kenar çizgisi içerisinde kalmakta ve bu parsel üzerinde boru hattı mevcut olup, şekildeki haritada boru yaklaşma sınırı da görülmektedir.

3.2.3. Yeniyurt Mahallesi

Yeniyurt Mahallesi idari sınır olarak Dörtüyl İlçesi'ne bağlı olmasına rağmen mahallenin bir kısmı Erzin idari sınırlarında kalmaktadır.5500 metre kıyı şeridinde sahip olup en fazla ihlal bu mahallede görülmektedir. Aşağıdaki çizelgede kıyı kenar çizgisi ihlali yapan parseller ve ihlal miktarları belirtilmiştir. Tatil sitelerinin bulunduğu bu mahallede birçok yapı da kıyı kenar çizgisi içerisinde kalmıştır. Kenar çizgisi içinde kalan alanlar Netcad programıyla hesaplanmıştır.

Tablo 3. Yeniyurt Mahallesi Kıyı-Kenar çizgisi ihlal miktarları

	Parsel No	KKÇ İhlal Miktarı(m2)	Parsel No	KKÇ İhlal Miktarı(m2)	Parsel No	KKÇ İhlal Miktarı(m2)	Parsel No	KKÇ İhlal Miktarı(m2)
Yeniyurt	292	233	1375	1724	1869	48	1905	10192
	330	650	1610	19	1870	27	1100	52989
	331	803	1611	19	1878	83	140/5	95
	339	3292	1613	18	1879	51	140/6	66
	350	6682	1614	17	1665	99	141/5	131
	1096	77648	1615	18	1942	44	141/6	114
	1104	144600	1616	22	1947	48	142/5	36
	1505	31	1587	82	1948	39	142/6	112
	1506	35	1588	69	1949	36	290	117824
	1507	37	1589	55	1957	66	2025	309
	1508	42	1590	51	1958	56	2026	312
	1509	47	1663	148	1959	55	2027	309
	1515	29	1664	110	1924	30	2028	307
	1516	31	1831	72	1925	25	2036	319
	1578	17	1832	65	1926	20	2037	313
	1579	14	1837	59	1927	17	2038	309
	1580	13	1838	58	1928	17	2039	313
	1581	12	1839	52	1968	78	2096	5427
	1582	13	1840	45	1969	74	2097	143505
	1597	21	1845	48	1970	73		
1598	19	1846	37	2029	46			
1599	19	1847	35	2278	853			
1600	20	1848	31	2279	226			

4. Bulgular ve Değerlendirme

4.1. Kıyı Bölgesindeki Zamansal Değişim Konusunda Değerlendirme

Turunçlu (Yukarıburnaz) Mahallesi 596 ada 20 (1022eski parsel no) parselin tamamına (332190.88m2) yakınının kıyı kenar çizgisi içinde kaldığı anlaşılmaktadır. Söz konusu parsel tarla vasıflı olup mülkiyeti dava konusudur. Ayrıca söz konusu parsel üzerinde kaçak yapılaşmalar görülmektedir. Bu parselin batısındaki boş alan tescil dışı bırakılmıştır. Bu alanın ortasından da kıyı kenar çizgisi geçmektedir. Tescil harici ve mülkiyeti maliye hazinesine ait olan araziler işgal edilmekte ve derme çatma yapılarla bu bölgeler yazlık evler ve plaj olarak kullanılmaktadır.2018 yılında bu yapılar Hatay Büyük Şehir belediyesi tarafından yıkılmıştır.

Arazi kullanım planlaması değerlendirildiğinde (çevre düzeni planına göre) kıyı Turunçlu (Yukarıburnaz) Mahallesi kıyı şeridinde kalan 596 ada 20 (1022eski parsel no) nolu parselin bir kısmının serbest bölgede, bir kısmının ise doğal koruma alanı içerisinde kaldığı yine 596 ada 19 (1023 eski parsel no) nolu parselin boru hattı olarak gösterildiği, 596 ada 18 (1024 eski parsel no) nolu parselin sulak alan tanımlı gösterim ve boru hattı olarak gösterildiği anlaşılmaktadır. Yine 596 ada 16 (1008 eski parsel) no nolu parselin boru hattı ve (1003 eski parsel no) nolu parselin ile sulak alan olarak gösterilmiştir. Tescil harici olarak gözüken 596 ada 18 nolu parselin doğusundaki alan ise kıyı tesisi alanı olarak planlanmıştır. Yine 596 ada 20 nolu parselin batısındaki tescil harici alanda serbest bölge olarak planlanmıştır.



Şekil 6. a) Aşağıburnaz Mahallesi 631 ada 14 nolu parselin plan örneği (Liman) (URL.6.) b) Yeniyurt Mahallesi (Dört Yol İlçesi) nazım planı 1/5000

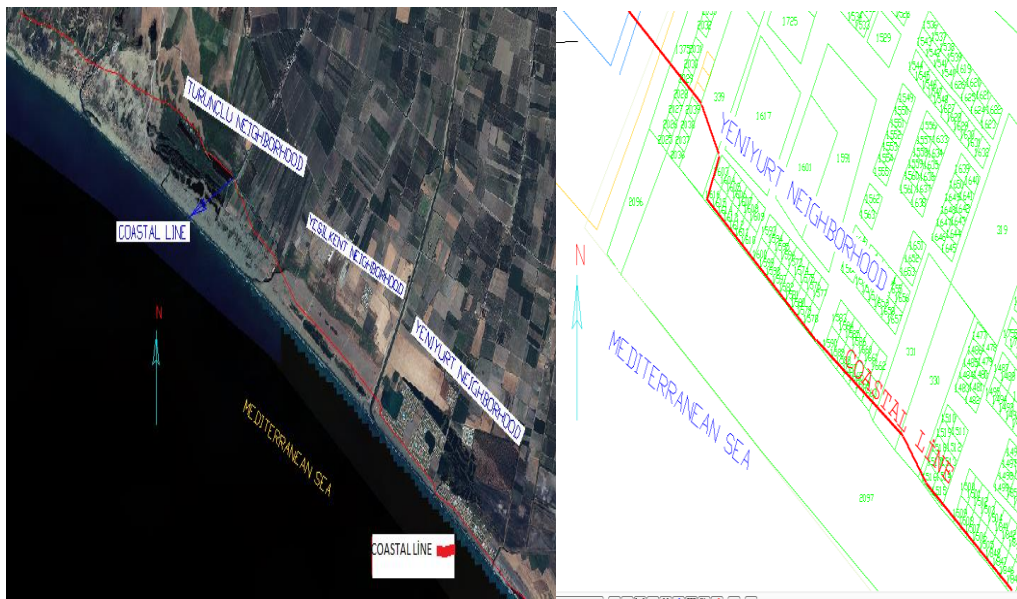
Aşağıburnaz (Yeşilkent) Mahallesi kıyı şeridi uzunluğu kısa olduğu için iki parseli kapsamaktadır. 631ada 107 (9538 eski parsel no) nolu parselin arazi kullanım planlamasındaki gösterimi boru hattı ve sulak alandır. Yine 631 ada 14 nolu (Eski Turunçlu Mahallesi 990 nolu parsel) parselin arazi kullanım planlamasında "Liman alanı" olarak revize edilmiştir. "İskenderun Körfezi Kıyı Alanları Bütünleşik Planlama ve Yönetim Projesinin revizyonu niteliğinde olan "İskenderun Körfezi (Adana-Mersin-Hatay) Bütünleşik Kıyı Alanları Planı" Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca 08.10.2015'te onaylanmıştır. Bu planda 631 ada 14 (eski 990) parselin yer aldığı Dört Yol-Erzin Bölgesi 5A alt bölgesinde "liman yapılabilir" kararı getirilmiştir. Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca 2010 yılında onaylanan İmar Planı ile planlama alanında getirilen "Liman, Tersane ve İskele" kullanım kararlarının "Liman Alanı" olarak revize edilmiş ve 35,93ha.'lık Liman Alanı ilavesini kapsamakta olup planlama alanı yaklaşık 116.60 ha'dır. (Şekil 6a)

Yeni yurt kıyı şeridi olarak en uzun sahile sahip mahalledir. Bu mahallede arazi kullanım planlamasına göre parsellerin çoğu yerleşim alanı olarak planlanmıştır. Bölge de yoğun tatil siteleri yapılaşması mevcuttur. Kıyı kenar çizgisi bu bölgedeki mevcut yapılaşmayı kurtaracak şekilde geçirilmiş, yine planlama da şehrsel gelişmenin gerisinde geldiği için yapılaşmayı kurtaracak

şekilde planlandığı düşünülmektedir. Bu mahallede bir kısım parselleri de enerji depolama alanı olarak planlanmıştır. Yeni yurt mahallesinde içine alan Hatay ili Dört Yol İlçesi 1/5000 ölçekli revize nazım imar planı Hatay Büyükşehir belediye meclisince 31.07.2019 tarih 160 sayılı kararla onaylanmıştır. (Şekil 6b). Yeni yurt Mahallesi 2014 yılı öncesi belde belediyesi sınırlarında kaldığından bölgede tatil sitelerinin yapılması amacıyla parsel bazlı mevzi imar planları yapılmış ve 1986 tarihinde Dört Yol İlçesi Yeşil Beldesi belediyesince onaylanmıştır.

4.2. Kıyı Kenar Çizgisi ve Mülkiyet Açısından Değerlendirme

Çalışma bölgesinde Toplam 12630 metre uzunluğa sahip çalışma alanının tamamının kıyı kenar çizgisi tespitleri yapıldığı Ayrıca, Kıyıda kalan ve tapu iptali gereken taşınmazlar içinde maliye hazinesi adına kayıtlı taşınmazların sayısı olarak az olmasına karşın yüzölçüm oranı olarak %58,17 ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bunun en önemli nedeni Yeşilkent Mahallesi'ndeki kıyı kenar çizgisi ihlali yapan tek taşınmaz olan 581231,68 m² yüzölçümlü ve Mera vasfındaki 250578m² si kıyı kenar çizgisinde kalan 631ada 107 (9538 eski parsel no) parsel sayılı taşınmazla ilgilidir. (Tablo. 2).



Şekil 7. a) Ortofoto haritada mahallelerdeki kıyı kenar çizgisi gözükmektedir. b) Yeniyurt Mahallesi'ndeki kıyı kenar çizgisini ihlal eden parseller gözükmektedir

Çalışma alanının Yeniyurt Mahallesi sınırlarında toplam 77 adet parselin kıyı kenar çizgisi ihlali tespit edilmiştir. (Tablo 3)

Ayrıca söz konusu çalışma kapsamında ihlale konu parsellerin tapu kayıtlarının incelenmesi neticesinde Maliye Hazinesi adına kayıtlı 6 adet, şahıs ve şirket adına kayıtlı 80 adet ve kamu kuruluşları adına kayıtlı üç adet taşınmazın kıyı kenar çizgisi ihlali yaptığı anlaşılmıştır. (Tablo 2). Çalışma alanının Yeniyurt Mahallesi sınırlarında toplam 77 adet parselin kıyı kenar çizgisi ihlali tespit edilmiş olup bu parsellerin toplam 303008m2 ihlal ile çalışma bölgesinde en fazla ihlal yapılan kısım olduğu görülmüştür. (Tablo 3)

Çalışma alanında kamu kurumu ve maliye hazinesi adına kayıtlı toplam 1.692.793m2 yüzölçümlü taşınmazlar ile 350 parselde 559296 m2 alana sahip Mülkiyeti Tarım işletmeleri Genel Müdürlüğüne ait okalıptüs ormanı, Ayrıca 2096 parselde 3877m2 Maliye Hazinesi adına kayıtlı Kanal ile 2279 parselde 999,59 m2 Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait 1 Adet Kanal vasfında taşınmaz bulunmaktadır.

Kıyı Kenar çizgisi mülkiyet ilişkisi incelenirken üzerinde durulması gereken önemli bir ayrıntı da parseller üzerinde inşa edilen yapıların kıyı kenar çizgisi ile ilişkileridir. Şekilde görüldüğü gibi kıyı kenar çizgisi yapılaşmadan sonra geçtiği için yapılaşmanın olduğu yerlerde denize doğru keskin kırıklar oluşturmakta ve mesafe azalmaktadır. Yapılaşmanın olduğu yerlerde denize olan mesafe 100m'nin altına düşmekte diğer yerlerde ise 200 m civarındadır. Bu kapsamda çalışma bölgesinin; Yeniyurt Mahallesi'nde 49 adet Dupleks Bina vasfında şahıslara ait toplam 29173,56 m2 yapı taşması ve 25 Adet Arsa niteliğinde şahıslara ait Toplam 8689,33 m2 kıyı kenar çizgisi ihlali yapan taşınmaz tespit edilmiş olup bu parsellerin toplam 303008m2 ihlal ile çalışma bölgesinde en fazla ihlal yapılan kısım olduğu belirlenmiştir edilmiştir. Turunçlu Mahallesi Burnaz mevkiinde Kıyı kenar çizgisinde kalan 1.303.653 m2 yüzölçümlü Tarla vasfında 5 Adet mülkiyeti kesinleşmemiş davalı taşınmaz mevcut olup bu taşınmazlar üzerinde 2011 ve 2016 yıllarında tesis edilmiş Türkiye petroleri Anonim ortaklığı ve DSİ lehine irtifak hakkı kurulmuş kamulaştırma şerhleri mevcuttur. Turunçlu Mahallesi'nde Kıyı kenar çizgisinde yapılaşma tespit edilmemiştir. Aşağıburnaz (Eski Yeşilkent) Mahallesi'nde ise maliye hazinesi adına kayıtlı mera vasfında 250578 m2 si kıyı kenar çizgisinde kalan 1 adet taşınmaz ve onun batısında tescil harici alan bulunmaktadır. Aşağıburnaz Mahallesi'nde kıyı kenar çizgisinde yapılaşmanın olmadığı tespit edilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler:

İncelediğimiz Hatay ili Erzincan İlçesi Yukarıburnaz, Aşağıburnaz, Turunçlu mahalleleri ile Dörtöyl İlçesi Yeniyurt Mahallesi'nde 1975 ,2011 tarihli hava fotoğrafları ve 2015 yılını ait ortofotodan anlaşılacağı üzere yapılaşmanın arttığı yazlık amaçlı konutların özellikle Yeniyurt Mahallesi'nde yoğunlaştığı görülmüştür.

Kıyı kenar çizgisi bakımından değerlendirildiğinde kıyı kenar çizgisi çalışmalarının tamamlandığı ancak arazideki

değişime göre geç kalındığı görülmektedir. Yapılaşmalar nedeniyle kıyı kenar çizgisi bu bölgelerde denize daha yakın geçirildiği belirlenmiştir. Kıyı kenar çizgisinin mülkiyeti kestiği kıyı bölgesine taşınmaz yapılar ve parsellere dava açıldığı belirlenmiştir. Hazineye ait parsellerin kıyı bölgesinde kalan bölümlerinin tescilinin iptal edilmesi ve özel şahıslara ait taşınmazların kamulaştırılması gerekmektedir.

Kıyı bölgesinde özellikle son 30 yılda bölgenin idari yapısında sürekli değişim yaşanması nedeniyle arazi planlaması konusunda farklı uygulamalara sebep olmuştur. İl özel idaresinden belde belediyesine, ilçe belediyesinden büyükşehir belediyesi yetki alanına giren bölge arazi kullanım planlama yetkisi son olarak çevre ve şehircilik bakanlığının bütünlük kıyı planlaması yetkisi içerisinde kalmaktadır. Bölgenin petrol ve doğalgaz boru hatları nedeniyle enerji bölgesi olması, demir-çelik sanayi ve organize sanayi bölgelerine olan yakınlık dolayısıyla liman ve iskele taleplerini artırmaktadır. Etrafındaki şehirlerin yazlık konut ve plaj talepleri nedeniyle yapılaşmaya sebep olmaktadır. Kıyı bölgesi son 30 yılda gerek idare yapıdaki yetki karmaşası ve gerekse de planlama ve kıyı kenar çizgisi çalışmalarındaki gecikmeler nedeniyle deformasyona uğramaya devam etmektedir.

Kaynakça

- Akbulak, C., Erginal, A., Gönüz, A., Öztürk, B., & Çavuş, Z. (2008). Investigation Of Land Use And Coastline Changes On The Kepez Delta Using Remote Sensing. *Black Sea/Mediterranean Environment*, 14(2), 95-106.
- Aydın, M., & Uysal, M. (2013). Kıyı Çizgisi Değişiminin Uydu Görüntüleri Yardımıyla İzlenmesi: Sakarya-Karasu. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 24-32.
- Ayut, N.O., Doğan U., Ata, E., Arı, A. (2005).. Gps İle Kıyı Çizgisinin Belirlenmesi, Karaburun Örneği. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 23-25 Kasım 2005, İTÜ – İstanbul
- Chang, Y., Chu, K.-W., & Chuang, L. Z.-H. (2018). Sustainable Coastal Zone Planning Based On Historical Coastline Changes: A Model From Case Study In Tainan, Taiwan. *Landscape And Urban Planning*, 174, 24-32.
- Çay, T. - Nacar, F. (2016) " Region Coastal Land Management And Tracking Changes In Ownership Status" ,ICEESD 2016 : 18th International Conference On Ecosystems, Environment And Sustainable Development, January 26 - 27, 2016, Jeddah, Saudi Arabia
- Gens, R. (2010). Remote Sensing Of Coastlines: Detection, Extraction And Monitoring. *International Journal Of Remote Sensing*, 31(7), 1819-1836.
- Ghosh, M. K., Kumar, L., & Roy, C. (2015). Monitoring The Coastline Change Of Hatiya Island In Bangladesh Using Remote Sensing Techniques. *ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing*, 101, 137-144.
- Kiraci, A. C., Işcan, L., Eker, O., Yılmaz, A., Özerbil, T., Maraş, H. H., Firat, O., & Akabali, O. A. (2010). Sayısal Hava Kamerası ve Fotogrametriye Kazandırdıkları. *Harita Dergisi* , Ocak 2010 sayı :143,26-32
- Li, R., Di, K., & Ma, R. (2001). A Comparative Study Of Shoreline Mapping Techniques. *GIS For Coastal Zone Management*, 53-60.

- Öztürk, D. (2013). Hücresel Otomat-Markov Zinciri Yöntemiyle Samsun Kıyı Alanlarındaki Mekansal Değişimlerin Modellenmesi. TMMOB Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14, 14-17.
- Sesli, F.A., Akyol, N., İnan, H.İ., 2002. Coğrafi bilgi sistemleri ile kıyı kenar çizgisi-mülkiyet ilişkilerinin incelenmesi, Türkiye Sekizinci Esri ve Erdas Kullanıcıları Grubu Toplantısı, 6-7 Haziran 2002, ODTÜ, Ankara, www.avesis.erciyes.edu.tr.
- Supriyono, S. (2018). Critical Land Detection Watershed River Bengkulu And Effect Of Coastal Area Using Geographic Information System. Sumatra Journal Of Disaster, Geography And Geography Education, 2(1), 30-37.
- URL1. Retrieved 10.02.2021 From <https://www.mevzuat.gov.tr/>
- URL2. Retrieved 15.03.2019 From <https://www.tuik.gov.tr/>
- URL3. Retrieved 3.01.2021 From <http://www.hatay.gov.tr/sosyal-ve-cografi-durum>
- URL4. Retrieved 18.03.2021 From <https://mpgm.csb.gov.tr/kiyi-alanlarinin-onemi-i-84350>
- URL5. Retrieved 12.03.2021 From <https://www.dortyoltso.org.tr/img/document/ilcemiz-sosyo-ekonomik-raporu.pdf>
- Ünel, F. B., Çelik, M. Ö., Yakar, M., & Kuşak, L.(2019). Kıyı Yönetimi İçin Kıyı Ve Kıyı Kenar Çizgisinin Belirlenerek Mersin Kıyı Bilgi Sistemi Altyapısının Araştırılması.
- Valeyev, A., Karatayev, M., Abitbayeva, A., Uxukbayeva, S., Bektursynova, A., & Sharapkhanova, Z. (2019). Monitoring Coastline Dynamics Of Alakol Lake In Kazakhstan Using Remote Sensing Data. Geosciences, 9(9), 404.



İki Amaçlı Çoklu Gezgin Satıcı Problemi için Üç Aşamalı Çözüm Yaklaşımı

Beyza Günesen^{1*}, Muzaffer Kapanoğlu²

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3709-7558)

² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8217-7517)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952103)

ATIF/REFERENCE: Gunesen, B. & Kapanoglu, M. (2021). İki Amaçlı Çoklu Gezgin Satıcı Problemi için Üç Aşamalı Çözüm Yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 325-331.

Öz

Çoklu gezgin satıcı problemlerinin (ÇGSP) çözümünde karşılaşılan güçlükler literatürde oldukça uzun bir geçmişe sahiptir. Çoklu gezgin satıcı problemi çalışmalarında etkin ve başarılı sonuçların tespiti ve tartışılabilirliği için iki tür ölçüt kullanılmaktadır. Bunlar tüm satıcıların kat ettiği toplam uzaklık veya herhangi bir satıcının kat ettiği en uzun mesafe olabilmektedir. Toplam uzaklık temel alındığında satıcılar arasındaki iş yüklerinde önemli dengesizlikler meydana gelmektedir ki bu istenmeyen bir durumdur. En uzun mesafeyi kat eden satıcının kat ettiği mesafe azaltılmak istendiğinde dengesizlik ortadan kalkmakta fakat toplam mesafe (maliyet) dengeyi sağlamak amacıyla artmaktadır. Problem üstel artan bir çözüm uzayına sahip olup NP – zor sınıfında yer almaktadır. Problemin eniyi çözüme ulaştırılmasında önerilen mevcut matematiksel modeller, günlük hayatta çok kısıtlı bir kullanıma sahiptir. Bu durum, pratikte ele alınan probleme özel çözüm yöntemlerini ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, üç servis aracı ile insan-topla-dağıt hizmeti yürüten bir işletmenin problemi üzerinde çalışılmıştır. Üçlü gezgin satıcı problemi, ÇGSP'nin satıcı sayısının üç olduğu hali olan bir alt kümesidir. Bu çalışmada, iki enküçükleme amacını da gözeterek ve etkin çözümlerin kısa sürelerde elde edilebileceği üç aşamalı çözüm yaklaşımı önerilmiş olup, kümeleme ve rotalama olmak üzere iki ana adımdan oluşmaktadır. Kümeleme adımı, uğrak noktalarını yakınlıklarına göre k – ortalamalar yöntemi ile önce üç gruba ayırmaktadır. Elde edilen kümeler için rotalar başlangıçta En Yakın Komşu Sezgiseli (EYK) ile oluşturulmakta ve daha sonra 2-opt algoritması ile iyileştirilmektedir. Bu çalışmada önerilen yaklaşım çoklu gezgin satıcı problemi için kullanılan test problemlerinde ve rassal türetilen problemlerde uygulanmış ve sonuçlar matematiksel model sonuçları ile karşılaştırılarak ortaya konulmuştur. Herhangi bir satıcının kat edeceği en uzun mesafe, toplam mesafe ve algoritma çözüm süresi, performans ölçütleri olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak önerilen ardışık yaklaşım, ilk ölçütte %70–80 oranında en iyi çözümlere yakınsamış, diğer ölçütler de ise daha iyi performans sergilemiştir. Satıcılar arasındaki sapmaların ve toplam mesafenin paralel ödünleşerek enküçüklenmesi noktasında, elde edilen çözümler yüksek seviyeli olup, yaklaşımın koşma süresi polinom zamanlıdır.

Anahtar Kelimeler: Çoklu Gezgin Satıcı Problemi, K-ortalamalar, En Yakın Komşu Sezgiseli, 2 – opt algoritması

Three-Step Solution Approach for the Two-Objective Multiple Traveling Salesman Problem

Abstract

The difficulties encountered in solving multi-traveling salesman problems (MTSP) have a long history in the literature. Two types of criteria are used to determine effective and successful outcomes and their arguability in multi-traveling salesman problem studies.

* Sorumlu Yazar: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3709-7558, beyza.gunesen@ogu.edu.tr

These can be the sum of distances traveled by all salesman or the maximum distance traveled by any salesman. Significant imbalances occur in workloads between salesmen based on total distance, which is undesirable. When the distance traveled by the salesman who travels the maximum distance is desired to be reduced, the imbalance disappears, but the total distance (cost) increases to maintain the balance. The problem has an exponentially increasing solution space and is in the NP-hard class. The current mathematical models proposed for solving the problem at its optimum have very limited use in daily life. This brings to the fore the solution methods specific to the problem dealt with in practice. In this context, the problem of business management that runs people pick up and collect service with three vehicles has been studied. The triple traveling salesman problem is a subset of the MTSP where the number of salesmen is three. In this study, a three-phase solution approach, which considers both minimization objectives and which provides effective solutions in a short time, has been proposed. Clustering first divides the pick-up points into three groups according to their proximity with the k-means method. For the clusters obtained, the routes are initially created with the Nearest Neighbor Heuristic (NN) and then improved with the 2 – opt algorithm. The approach proposed in this study was applied to test problems used for the multiple traveling salesman problem and randomly generated problems, and the results were presented by comparing them with the results of the mathematical model. The maximum distance that any salesman will travel, total distance, and algorithm solution time are determined as performance criteria. As a result, the proposed sequential approach converged to the best solutions by 70–80% in the first criterion, outperforming other criteria. At the point where the deviations between salesmen and the total distance are minimized by parallel trade-off, the solutions obtained are of high level and the running time of the approach is polynomial time.

Keywords: Multiple Traveling Salesman Problem, K – means, Nearest Neighbor, 2 – opt algorithm.

1. Giriş

Gezgin satıcı problemi (GSP) literatürde kendine önemli bir yer edinmiş bir kombinatoriyal eniyileme problemidir. GSP’de amaç n adet şehrin her birinden yalnız bir kere geçerek başlanılan şehre geri dönme koşuluyla en düşük maliyetli yolu belirlemektir. GSP matematiksel anlamda ilk kez Karl Menger tarafından 1930’lu yılların başında tanımlanmıştır. Simetrik ve n adet şehir içeren bir GSP için çözüm uzayı $(n - 1)!/2$ turdan oluşmaktadır (Matai vd., 2010). Rotalama, üretim çizelgeleme, toplama – dağıtma vb. gibi birçok gerçek hayat problemine kolaylıkla uyarlanabilmektedir. Problem yapısının kolayca anlaşılabilir olması buna karşılık çözüm uzayının büyüklüğü sebebi ile çözümünün zor olması, sezgisel ve metasezgisel algoritmalara rahatlıkla uyarlanabilir olması ve gerçek hayat problemlerinde sıklıkla karşılaşılabileceği gibi özellikleri içerisinde barındırdığı için araştırmacıların üzerinde fazlaca durduğu bir problemidir.

Çoklu gezgin satıcı problemi (m-GSP), bazı gerçek hayat problemlerinin klasik GSP ile modellenememesi sonucunda ortaya çıkmıştır ve klasik GSP’nin genişletilmiş bir versiyonudur (Carter, 2003). m-GSP’de bir satıcı yerine m adet satıcı mevcuttur. Tüm şehirler (n adet), m adet satıcı tarafından kapsanmalı ve her şehir tam olarak bir satıcı tarafından ziyaret edilmelidir. (Gilbert ve Hostra,1992). m-GSP, hangi şehirlerin hangi satıcılara atanması gerektiği kararını da içermektedir dolayısı ile GSP’den daha zor bir problem olduğu açıktır. Problem boyutunun büyümesi kesin çözüm yöntemlerinin kullanılabilmesi önünde büyük bir engel yaratmaktadır. Sezgisel ve metasezgisel algoritmalara duyulan ihtiyaç bu problemde de kendini göstermektedir.

Üçlü gezgin satıcı problemi (3-GSP), m-GSP’nin üç satıcının mevcut olduğu ($m=3$) bir alt kümesidir. m-GSP uygulamalarının ilk örneklerinden biri olan baskı çizelgeleme probleminde (Goldstein, 1970) üç farklı baskı formu bulunmaktadır. Amaç, bir baskı çalışmasında hangi formun kullanılacağı ve ne kadar uzunlukta bir çalışmanın elde edileceğine karar vermektir. Bunun yanı sıra üç araçlı dağıtma – toplama, üç vardiyalı servis çizelgeleme gibi yaşamda birçok örneği olan uygulamalar, 3-GSP olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da insan-topla-dağıt

hizmetini içeren ve üç servis aracının bulunduğu bir sağlık işletmesinin problemi 3-GSP olarak ele alınmış ve bulgular, önerilen yöntemin m-GSP’ye genelleştirilebileceğini göstermektedir.

m-GSP çözümü için literatürde çoğunlukla metasezgisel yöntemler kullanılmış ve elde edilen çözümlerin etkinliği, yine aynı yöntemlerin birbirleri ile karşılaştırılması ile ölçülmüştür. ÇGSP için amaç fonksiyonları farklılık gösteren matematiksel modeller mevcuttur ancak pek az çalışmada geliştirilen çözümler matematiksel model çözümlerinde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmaktadır. GSP için oldukça geniş bir kütüphane mevcut iken (TSPLIB) kütüphanede ÇGSP çözüm sonuçlarını içeren çok az sayıda veri kümesi bulunmaktadır. Üstel artan çözüm uzayı sebebi ile matematiksel modelin eniyi çözümlerine makul sürelerde ulaşamamakla birlikte algoritmalar ışığında varılan sonuçların geçerliliğinin, matematiksel model sonuçları ile karşılaştırıldığında daha sağlıklı tespit edileceği de bir gerçekliktir. Bu çalışmada kullanılan algoritmaların etkinliği, matematiksel model sonuçları elde edilerek tartışılmıştır.

Çalışmaların çoğu ÇGSP çözümü için metasezgisel algoritmaların geliştirilmesine odaklanmaktadır. Metasezgisel algoritmaların karmaşık yapısı çözüm sürelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Basit ve anlaşılır algoritmalar uygulanabilirlik ve çeviklik yönü ile daha avantajlıdır. ÇGSP, metasezgisel yerine daha basit sezgisel algoritmalar kullanılarak da iyi çözümler elde edilebilecek bir problemidir. Bu tür algoritmaların etkinliklerinin ölçülmesi ortaya konması gerekmektedir ki literatürde ilgili problem için az sayıda çalışma yer almaktadır.

ÇGSP, NP–zor bir problem türü olduğundan ilk ortaya çıktığından bu yana araştırmacılar tarafından önem verilen bir problemidir. Uygulama alanı klasik gezgin satıcı probleminden daha fazla olmasına karşın henüz klasik gezgin satıcı problemi kadar üzerinde durulmamıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde önerilen çözüm yaklaşımı açıklanmıştır. Üçüncü bölümde deneysel çalışmalar ve sonuçları, son kısımda ise sonuç ve öneriler yer almaktadır.

2. Materyal ve Metot

Üçlü Gezgin Satıcı Problemi (3 – GSP) çözümü kümeleme ve rotalama adımlarını içeren bir ardışık algoritma ile elde edilmiştir. Problemden ulaşılmak istenen amaç toplam maliyeti küçükmek bunu yaparken de mümkün olduğunca dengeli bir dağıtım yapılmasını sağlamaktır. Noktalar birbirine olan uzaklıklarına göre üç farklı kümeye ayrılmıştır. Böylece her bir küme için üç farklı gezgin satıcı problemi elde edilmiş ve rotalar belirlenmiştir. Noktalar, k –ortalamlar yöntemi ile kümelendirilmiştir. Yöntem kolay anlaşılır olması ve hızlı sonuç vermesinin yanı sıra elde edilecek küme sayısı yani k değeri belirli olduğundan tercih edilmiştir. En Yakın Komşu Sezgiseli iyi bilinen bir tur oluşturucu, 2–opt algoritması ise tur iyileştirici bir algoritmadır. Bu iki yöntem ardışık olarak kullanıldıklarında çözümün kalitesinin iyileşmesi doğaldır.

Aşamalarda kullanılan k – ortalamlar, EYK ve 2 – opt yöntemlerinin zaman karmaşıkları sırası ile $O(n)$, $O(n^2)$, $O(n^{2.2})$ olup polinomaldır. Günümüzde şartlar çok hızlı değişmekte ve değişen şartlara aynı hızda ayak uydurmak gerekmektedir. Eniyi çözümlerden ziyade yeterince iyi çözümlere daha hızlı ulaşmak günden güne önem kazanmaktadır. Çözümde kullanılan yöntemler problemin iki amaçlı yapısını desteklemesi ile birlikte bu bakış açısı da göz önüne alınarak tercih edilmiştir.

2.1. Matematiksel Model

ÇGSP'nin çözümü için toplam mesafenin en küçükleme (MinSum) ve en uzun rotanın en küçükleme (MinMax) olmak üzere iki farklı amaç fonksiyonuna sıklıkla başvurulmaktadır (Soylu, 2015).

MinSum amaç fonksiyonuna sahip yani kat edilen toplam mesafenin en aza indirilmesi son derece dengesiz çözümlere yol açabilmektedir (Necula vd. 2015). Bu nedenle ilgili amaç gerçek hayat uygulamaları için kullanışlı değildir. Bu çalışmada da önerilen yaklaşım sonucu elde edilen çözümler MinMax modeli çözümleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. İzleyen bölümde her iki amaç fonksiyonuna sahip modeller tanıtılacaktır. Modeller, üstel artan çözüm uzayına sahip olup NP– zor sınıfında yer almaktadırlar.

ÇGSP, $G = (V, E)$ şeklinde temsil edilen yönlü bir G çizgesi olarak modellenmektedir. (V=vertex, E=Edge) Bu ifadede V düğümler kümesi E ise, ayrıtlar kümesi olarak tanımlanır. $C = (c_{ij})$, E kümesi ile ilişkili olan maliyet matrisidir. İlgili problemde kullanılan C matrisi $c_{ij} = c_{ji}$ olup simetrik bir matristir. x_{ijk} , (i, j, k) kenarı seçildiğinde 1 değerini aksi durumda 0 değerini alan ikil değişkendir. MinMax amaç fonksiyonuna sahip ÇGSP modeli verilmiştir (Necula,2015). Modelde birinci düğüm, merkez noktayı (depoyu) temsil etmektedir.

$$\text{EnkZ} \quad \sum_{(i,j) \in A} T \quad (1)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1jk} = 1 \quad k = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{j1k} = 1 \quad k = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ijk} = 1, \quad j = 2, \dots, n, i \neq j \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ijk} = 1, \quad i = 2, \dots, n, i \neq j \quad (5)$$

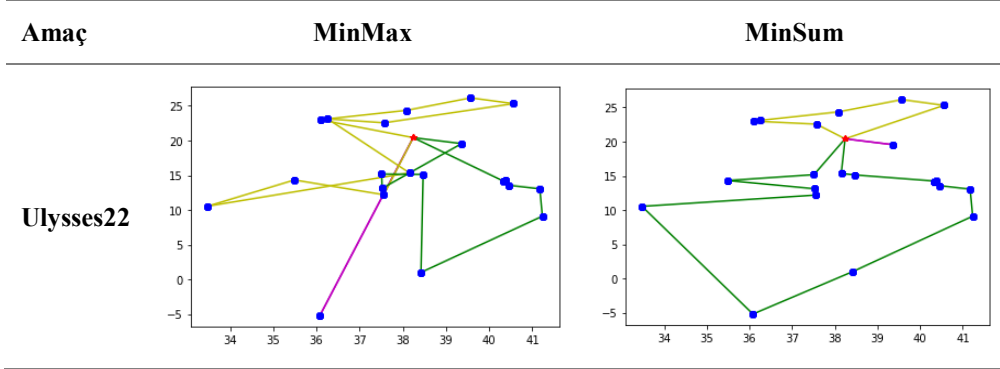
$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = \sum_{i=1}^n x_{jik}, \quad j = 2, \dots, n, \quad k = 1, \dots, m, i \neq j \quad (6)$$

$$u_i - u_j + (n - m) * x_{ij} \leq n - m - 1, \quad 2 \leq i \neq j \leq n \quad (7)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ijk} \leq T, \quad k = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall (i, j) \in A, \quad k = 1, \dots, m$$

Amaç fonksiyonu (1), en uzun turu enküçükler. Kısıt (2) m adet satıcının merkezden çıkış yapmış ve kısıt (3) m adet satıcının merkeze dönmüş olmasını sağlar. (4) ve (5) her düğüme yalnızca bir kez gelinmesini ve bir kez çıkış yapılmasını sağlayan derece kısıtlarıdır. (7), Gavish (1976) tarafından önerilen alttır eleme kısıtıdır. (8) her bir satıcıdan en uzun mesafe kat eden T değişkenine atar. Şekil 1'de TSPLIB kütüphanesinden alınan 22 şehirli Ulysses22 veri setinin her iki amaç ile çözdürülmesi sonucu elde edilen rotalar verilmiştir. MinMax (EnbEnk) modeli araçların mesafelerini dengeleme amacı güderken toplam mesafeyi arttırmaktan kaçınmamaktadır. MinSum (EnkTop) amaç fonksiyonuna sahip olan model ise toplam mesafeyi azaltmak uğruna iş yükleri arasında önemli ölçüde farklar yaratmaktadır. Her iki amaca da ortak olarak hizmet eden bir çözüm yaklaşımının gerekliliği bu noktada kendini belli etmektedir.

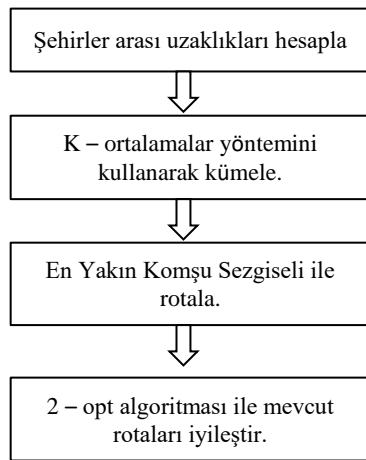


Şekil 1. MinMax ve MinSum Amaç Fonksiyonlarına Göre Matematiksel Model Sonuçlarına Ait Rotalar

2.1. Önerilen Yöntem

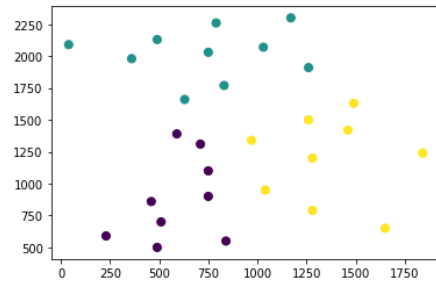
Bu çalışmada Çoklu Gezgin Satıcı Problemi, araç (satıcı) sayısının üç olduğu Üçlü Gezgin Satıcı Problemi olarak uyarlanmıştır ve yöntem üç araçlı problemler üzerinde test edilerek önerilmiştir. Şehirlerin aralarındaki uzaklıklara göre kümelenmesi ve elde edilen kümeler için ayrı ayrı rotaların hesaplanması adımlarını içeren iki aşamalı bir yöntem uygulanmıştır. Kümelerin elde edilmesi ile üçlü gezgin satıcı problemi, üç farklı tek-gezgin satıcı problemine dönüştürülerek tek-gezgin satıcı problemi için kullanılan çözüm algoritmalarının kullanılabilmesi sağlanmıştır. Bilimsel yazın incelendiğinde, ÇGSP çözümü için metasezgisel algoritmalara sıklıkla başvurulmuştur.

GSP çözümü için ise sezgisel, metasezgisel ve kesin çözüm yöntemleri olmak üzere birçok farklı yöntem üzerinde çalışılmıştır. Kesin çözüm yöntemlerinin büyük boyutlu problemlerde kullanılması mümkün değildir. Metasezgisel yöntemler daha karmaşık yapılı, uygulanabilirlik ve zaman tasarrufu yönü ile sezgisel yöntemlere göre dezavantajlıdır. İşbu çalışmada belirtilen hususlar dikkate alınarak En Yakın Komşu Sezgiseli ve 2 – opt algoritması çözümlerin elde edilmesi için kullanılmıştır. Şekil 2.'de yöntemin akış şeması verilmiştir.

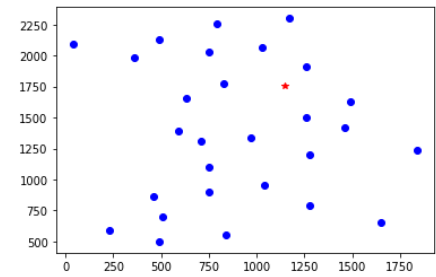


Şekil 2. Önerilen Yöntem Uygulama Adımları

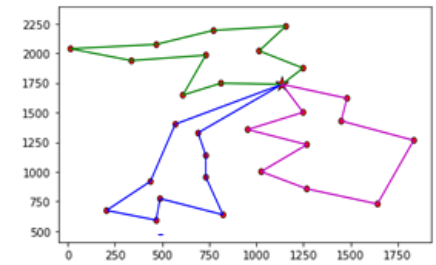
setinde bulunan noktalar aralarındaki uzaklıklara göre k – ortalamalar yöntemi ile kümelenmiştir. Veri setinde Şekil 3.a'da verilen 29 adet nokta bulunmakta olup 1. Nokta (kırmızı) merkez olarak belirlenmiştir. Her bir araç bu merkezden çıkacak ve turunu bitirerek merkeze geri dönecektir. 29 nokta 3 kümeye Şekil 3.b'deki gibi ayrılmıştır. Kümeler için rotalar ayrı ayrı En Yakın Komşu sezgiseli uygulanarak inşa edilmiş daha sonra 2 – opt algoritmasının uygulanmasıyla rotalar toplam maliyeti düşürecek şekilde iyileştirilmiştir. Yöntem sonucu elde edilen rotalar Şekil 3.c'de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.a Depo ve uğrak noktaları, 3.b Kümeleme, 3.c Rotalama (Enyakın komşu ve 2-opt)

Şekil 3.'te ise yöntemin aşamaları şekilsel olarak özetlenmiştir. TSPLIB kütüphanesinden alınan Bayg29 adlı veri

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

ÇGSP üzerinde yapılan çalışmaların çoğu metasezgisel çözüm yöntemlerinin geliştirilmesine ve varılan sonuçların yine diğer metasezgisel çözümlerle karşılaştırılmasına odaklanmaktadır. Bu çalışmada ÇGSP'nin bir alt kümesi olan ÜGSP için sonuçlar MinMax modelinin ürettiği ve önerilen iki aşamalı sezgisel yönteminin ürettiği sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Literatürden ve gerçek hayat uygulama amaçlarından yola çıkılarak, karşılaştırma kriterleri, toplam rota uzunluğu, en uzun rota değeri ve çözüm süresi olarak belirlenmiştir.

ÇGSP yıllar boyunca araştırmacıların üzerinde çalıştığı, kullanım alanı oldukça geniş, GSP'nin genişletilmiş ve daha zor versiyonu olan bir problem olmasına karşın kıyaslama problemlerinin mevcut olduğu TSPLIB gibi bir kütüphaneye sahip değildir. Necula vd. (2015) çalışmalarında TSPLIB kütüphanesinden seçilmiş 4 veri setine ait ÇGSP sonuçlarını MTSP LIB kütüphanesi olarak paylaşmışlardır. Bunun yanı sıra çözüm sürelerinin sağlıklı karşılaştırılabilmesi adına 20 boyutlu 10 adet rassal veri kümesi türetilerek deneyler yapılmıştır. Kullanılan tüm örnekler x ve y koordinatlarını içermektedir ve şehirlerarası uzaklıklar Öklid uzaklık formülü ile hesaplanmıştır.

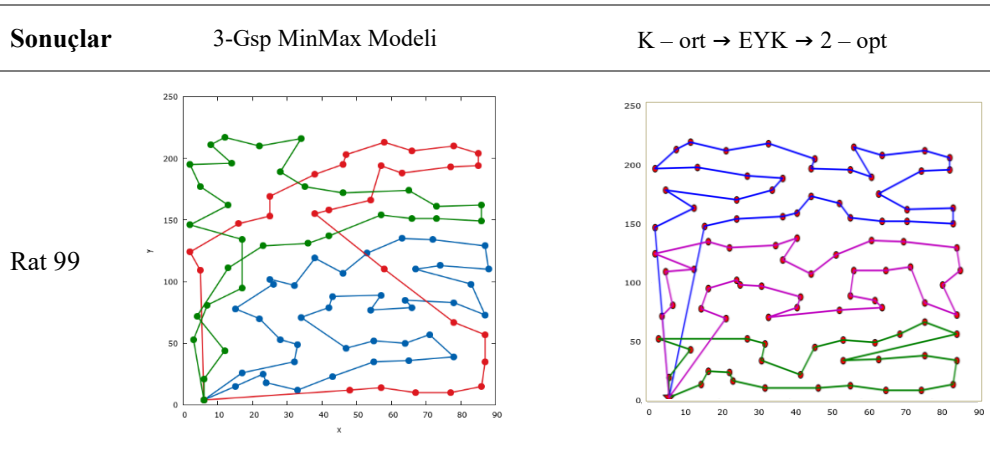
Çözüm yönteminde kullanılan ardışık algoritmalar PYTHON programlama dilinde, matematiksel modeller GUROBI optimizasyon programında yazılmış, Intel® Core™ i5 – 8400 CPU 2.80GHz, 16 GB RAM özelliklerinde bir bilgisayar kullanılarak çalıştırılmıştır.

Tablo 1. MTSP LIB Test Problemleri Sonuçları

Problem Adı	m	Optimum		K-ort → EYK → 2 - OPT	
		Maks Tur	Toplam Tur	Maks Tur	Toplam Tur
Eil51	3	159.57	477.15	176.15	505.25
Berlin52	3	3244.37	9591.15	3504.56	9098.77
Eil76	3	197.34	587.65	291.89	691.88
Rat99	3	597.55	1780.48	735.77	1732.22

Tablo 1'de sonuçlar optimum çözümler ve önerilen yöntem çözümlerine göre sütunlara ayrılmıştır. Her bir yöntemle göre bulunan en uzun tur ve toplam tur değerleri tabloda paylaşılmıştır. Literatürden alınan test problem sonuçları incelendiğinde önerilen yaklaşımın optimum çözümlere önemli bir düzeyde yakınsadığı görülmektedir. Şekil 4.'te Rat99 isimli örneğe ait rotalar verilmiştir. Önerilen yöntemin etkinliği görsel olarak da desteklenmektedir.

K – ort, EYK ve 2 – opt algoritmalarının ardışık olarak uygulanması ile geliştirilen yöntemin daha iyi test edilmesi adına rassal test problemleri üretilmiş ve çözümler belirlenen performans kriterlerine göre kutu grafikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Problemlerde kullanılmak üzere türetilen veriler Mendeley Data (2021)'da yer almaktadır. 20 noktadan meydana gelen 10 adet rassal problem 3 satıcılı problemler için çözdürülmüştür. Her bir tur için tur uzunlukları model ve önerilen sezgisel yöntem için kaydedilerek Tablo 2'de özetlenmiştir. Rassal problemler koordinatları 0 ve 100 aralığında noktalar türetilerek oluşturulmuştur. Belirli bir sınırdaki üretilen noktalar ile yöntemin geçerliliği daha net bir şekilde ortaya koyulmuştur.



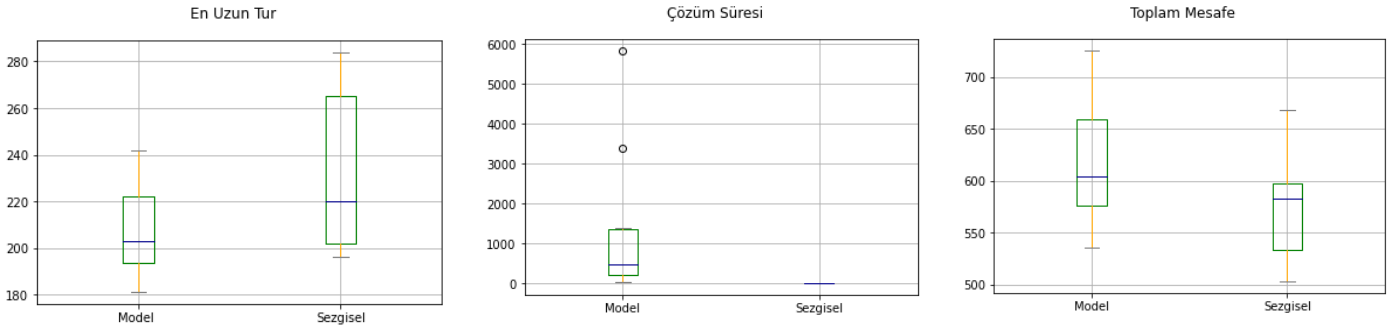
Şekil 4. Rat 99 Veri Setine Ait Çözümlerin Görselleştirilmesi

Kutu grafikleri, çözüm süresi, toplam tur uzunluğu ve en uzun tur uzunluğu olmak üzere 3 kritere göre düzenlenmiştir (Şekil 5). En uzun tur kriteri göz önüne alındığında sezgisel yöntem model çözümlerine yakın çözümler vermektedir. Diğer iki kıstas için ise sezgisel yöntemin daha iyi olduğu görülmektedir. Özellikle çözüm süresi yönü ile sezgisel yöntemin performansı açık ara öndedir. Neredeyse çözümlerin tamamında, problem boyutu fark etmeksizin 1 saniye ve altındaki sürelerde erişebilmektedir. Model çözüm süreleri ise büyük dengesizlikler içermekte olup 20

boyutlu küçük bir problem için dahi eniyi çözümlere ulaşmak saatler alabilmektedir. Toplam tur uzunluğu bir diğer önemli kriter olup, toplam maliyet ile ilişkilendirilmektedir. Toplam maliyetin daha az olması, toplam tur uzunluklarından kaynaklanan dengesizliklerin göz ardı edilmesi için önemli bir etkidir. Şöyle ki satıcı iş yüklerinin dengeli olarak dağıtılmaması istenmeyen bir durumdur ancak bu dengesizlik toplam maliyette bir azalma sağlıyorsa belirli bir noktaya kadar göz ardı edilebilmektedir. Bu noktada karar vericilerin tercihleri ön plana çıkmaktadır.

Tablo 2. Rassal Problem Sonuçları

Problem No	Yöntem	Tur 1	Tur 2	Tur 3	Toplam Tur	Süre(sn)
1	Model	211.7905	211.1438	208.2997	631.2341	605
	Sezgisel	176.5414	221.6037	201.3994	599.544	0.4893
2	Model	182.7294	172.8836	180.042	535.6554	41.67
	Sezgisel	105.7372	242.1948	159.8891	507.8212	0.307
3	Model	237.4384	226.8164	236.9967	701.2516	304.30
	Sezgisel	238.0671	273.1429	156.6330	667.8431	1.143
4	Model	200.1838	202.399	198.103	600.686	5821
	Sezgisel	218.186	159.255	197.788	575.229	0.4259
5	Model	175.088	179.00	181296	535.3864	47.10
	Sezgisel	197.7274	179.1301	126.380	503.2381	0.4393
6	Model	241.4277	241.906	242.012	725.3471	3387.44
	Sezgisel	272.7663	205.408	201.3994	659.4779	0.2519
7	Model	192.7258	192.2680	189.2680	574.0202	255.08
	Sezgisel	198.6717	181.1771	152.8301	532.6790	0.2934
8	Model	203.4266	202.004	202.5170	607.9480	175.19
	Sezgisel	208.9451	171.9946	212.0097	592.9495	1.8690
9	Model	217.0402	225.3017	225.8364	668.1785	1270.87
	Sezgisel	283.7221	168.3822	137.6670	589.7714	0.3208
10	Model	196.2201	194.3825	190.7895	581.3921	1372.77
	Sezgisel	161.5491	176.0029	196.4391	533.9886	1.2883



Şekil 5. 20 boyutlu Rassal Problem Çözümleri için Kutu Grafikleri

4. Sonuç

Çözümlerin değerlendirilmesi aşamasında üç kriter seçilmiştir. Bu kriterlerden ilki karşılaştırma yapılan matematiksel modelin amaç fonksiyonu olan en uzun turun enküçüklenmesi dolayısı ile turların her bir gezgin satıcı için dengeli dağıtılabilmiş olmasıdır. Geliştirilen yöntem sonuçları bu kritere göre değerlendirildiğinde optimum çözümlere yaklaşık olarak %70-80 civarlarında yakınsadığı görülmüştür ki bu problem boyutu ve yapısı göz önüne alındığında oldukça iyi bir orandır. Medyan değer esas alındığında bu yaklaşım %90'dır. Bir diğer ölçüt ise toplam mesafe olarak seçilmiştir. Toplam mesafe maliyeti etkileyen önemli bir husustur. Model doğası gereği turları dengelemeye çalışırken toplam mesafeyi artırmaktadır ki bu istenmeyen bir durumdur. İki aşamalı algoritma, bu ölçüt için örnek problemlerin büyük bir kısmında daha iyi sonuçlar vermiştir. Satıcı iş yükleri arasındaki dengesizlik toplam maliyetin azalması olarak çözümlere yansımıştır. Karşılaştırmada dikkate alınan son ölçüt ise çözüm süresidir. Tüm aşamaların tek bir çalıştırılmada gerçekleştirildiği algoritmada çözümler 1 saniye gibi oldukça kısa sürelerde elde edilmiştir. Yöntem bu yönü ile e-ISSN: 2148-2683

matematiksel model çözüm süresi ile kıyaslanamayacak kadar iyi performans sergilemiştir.

Burada iki amaçlı 3-GSP için elde edilen sonuçların, m-GSP için genelleştirilmesinin önünde görünen hiçbir engel mevcut değildir. İzleyen çalışmalarda deneylerle etkinliği ortaya koyulabilir.

Kaynakça

- Al-Furhud, M. A., & Ahmed, Z. H. (2020). Genetic algorithms for the multiple travelling salesman problem. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 11(7), 553-560.
- Angel, R. D., Caudle, W. L., Noonan, R., & Whinston, A. N. D. A. (1972). Computer-assisted school bus scheduling. *Management Science*, 18(6), B-279.
- Bektas, T. (2006). The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *Omega*, 34(3), 209-219.
- Carter, A. E. (2003). Design and application of genetic algorithms for the multiple traveling salesperson assignment problem (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

- Croes, G. A. (1958). A method for solving traveling-salesman problems. *Operations research*, 6(6), 791-812.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management science*, 6(1), 80-91.
- Gavish, B. (1976). Note—a note on “the formulation of the m-salesman traveling salesman problem”. *Management Science*, 22(6), 704-705.
- Gilbert, K.C. & Hofstra, R.B. (1992). A new multiperiod multiple traveling salesman problem with heuristic and application to a scheduling problem. *Decision Sciences*, Vol. 23, pp.250–9.
- Gorenstein, S. (1970). Printing press scheduling for multi-edition periodicals. *Management Science*, 16(6), B-373.
- Gunesen, Beyza (2021), “Data For: Euclidean Matrix”, *Mendeley Data*, V1, doi: 10.17632/rvv4ymck92.1
- Huang, Z. (1998). Extensions to the k-means algorithm for clustering large data sets with categorical values. *Data mining and knowledge discovery*, 2(3), 283-304.
- K. Helsgaun. An Effective Implementation of the Lin-Kernighan Traveling Salesman Heuristic, Department of Computer Science, Roskilde University.
- Kara, I., & Bektas, T. (2006). Integer linear programming formulations of multiple salesman problems and its variations. *European Journal of Operational Research*, 174(3), 1449-1458.
- Laporte, G. & Nobert, Y. (1980). A cutting planes algorithm for the m-salesmen problem. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 31, pp.1017–23.
- Latah, M. (2016). Solving multiple TSP problem by K-means and crossover based modified ACO algorithm. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 5(02).
- Liu, W., Li, S., Zhao, F., & Zheng, A. (2009, May). An ant colony optimization algorithm for the multiple traveling salesmen problem. In 2009 4th IEEE conference on industrial electronics and applications (pp. 1533-1537). IEEE.
- Matai, R., Singh, S. P., & Mittal, M. L. (2010). Traveling salesman problem: an overview of applications, formulations, and solution approaches. *Traveling salesman problem, theory and applications*, 1.
- Matsuura, T., & Numata, K. (2014, September). Solving min-max multiple traveling salesman problems by chaotic neural network. In *International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications*.
- Miller, C.E.; Tucker, A.W. & Zemlin, R.A.(1960). Integer programming formulation of traveling salesman problems. *Journal of Association for Computing Machinery*, Vol. 7, pp. 326–9.
- Na, S., Xumin, L., & Yong, G. (2010, April). Research on k-means clustering algorithm: An improved k-means clustering algorithm. In 2010 Third International Symposium on intelligent information technology and security informatics (pp. 63-67). Ieee.
- Nallusamy, R., Duraiswamy, K., Dhanalaksmi, R., & Parthiban, P. (2010). Optimization of non-linear multiple traveling salesman problem using k-means clustering, shrink wrap algorithm and meta-heuristics. *International Journal of Nonlinear Science*, 9(2), 171-177.
- Necula, R., Breaban, M., & Raschip, M. (2015, November). Tackling the bi-criteria facet of multiple traveling salesman problem with ant colony systems. In 2015 IEEE 27th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI) (pp. 873-880). IEEE.
- Necula, R., Raschip, M., & Breaban, M. (2018). Balancing the subtours for multiple TSP approached with ACS: Clustering-based approaches vs. MinMax formulation. In *EVOLVE-A Bridge between Probability, Set Oriented Numerics, and Evolutionary Computation VI* (pp. 210-223). Springer, Cham.
- Singh, A. (2016). A review on algorithms used to solve multiple travelling salesman problem. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(4), 598-603.
- Soylu, B. (2015). A general variable neighborhood search heuristic for multiple traveling salesmen problem. *Computers & Industrial Engineering*, 90, 390-401.
- Svestka, J.A. & Huckfeldt, V.E. (1973). Computational experience with an m-salesman traveling salesman algorithm. *Management Science*, Vol. 19, No. 7, pp. 790–9.
- Tiong, W. K. (2007). A Comparison between Heuristic and Meta-Heuristic Methods for Solving the Multiple Traveling Salesman Problem. *International Journal of Mathematical and Computational Sciences*, 1(1), 13-16.



Öznelikli Ağlarda Topluluk Arama

Tuğçe Kağnıcı^{1*}, Arzu Gorgulu Kakışım²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3541-9763)

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6169-3486)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.947859)

ATIF/REFERENCE: Kağnıcı, T. & Kakışım, A. (2021). Öznelikli Ağlarda Topluluk Arama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 332-337.

Öz

Sosyal ağların yoğun bir şekilde kullanımıyla birlikte, bir dizi sosyal nesnelere ve nesnelere ait sosyal etkileşimlerden oluşan geniş ölçekli karmaşık ağ yapıları ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda, bu büyük ağ yapılarını analiz etmek için ağlardaki anlamlı grupları diğer bir deyişle toplulukları arama yaklaşımları önerilmektedir. Topluluk arama, sorgu nesnelere kullanarak, karmaşık ağ yapılarından sorgu nesnelere ile ilişkili, belli özellikler açısından birbirleri ile benzerlik gösteren ve birbirleri ile yoğun etkileşimde olan toplulukları ortaya çıkarma problemidir. Öznelikli ağlar, düğümleri ağ nesnelere, kenarları bu nesnelere arasındaki ilişkileri temsil eden graf yapılarından ve ağdaki düğümleri karakterize eden içerik verisi diğer bir deyişle özneliklerden oluşmaktadır. Geleneksel topluluk arama yaklaşımları, düğümlere ait öznelik verisini göz ardı ederek, sadece ağ topolojisine odaklanmaktadır. Bu çalışmada, öznelikli ağlarda topluluk arama problemi için öznelik verisini ağ topolojisine entegre etme fikrine dayanan yeni bir yaklaşım öneriyoruz. Önerilen yöntem, her düğümün yalnızca kendi öznelikleriyle bağlı olduğu yeni bir graf temsili oluşturularak, ağ topolojisine içeriksel bir boyut eklemektedir. Bu çalışmada, mevcut topluluk arama algoritmalarını öznelikli ağlar üzerinde uygulanabilir hale getirmek, bu algoritmaların başarısını artırmak ve öznelik verisini sorgu verisi olarak kullanılabilir hale getirmek amaçlanmaktadır. Gerçek dünya veri setleri üzerinden elde edilen deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin temel yöntemler ile karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluk değerleri elde ettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Öznelikli ağlar, topluluk arama, k-tras, k-çekirdek.

Community Search on Attributed Networks

Abstract

With the intense use of social networks and information networks, large-scale complex networks are emerging, consisting of a number of social objects (such as individuals or organizations) and social interactions of these social actors. Recently, many community search methods have been proposed to analyze these network structures and interactions between network objects. Given one or more query objects, community search is the problem of discovering a subset of objects, called as community, that are related to query objects which are similar to each other in terms of certain properties and intensely interact with each other. A network is characterized by a graph structure whose nodes represent the network objects and the edges refer to the relations between these objects. An attributed network contains contextual information that defines the interests of network objects as well as the graph structure. However, traditional community search approaches focus on the network topology, ignoring the attribute data. In this paper, we propose a new approach for the community search problem in attribute networks, based on the idea of integrating the attribute data into the network topology. The proposed method adds a contextual dimension to the network topology by creating a bipartite graph structure where each node is connected only by its attributes. In this study, we aim to make existing community search algorithms applicable on attribute networks, to increase the accuracy of these algorithms and to make the attribute data usable as query data. Experimental results on real world datasets show that the proposed method achieves higher accuracy than baseline methods.

Keywords: Attributed Networks, Community Search, k-truss, k-core.

* Tuğçe Kağnıcı: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3541-9763, tugce.kagnici@istanbulticaret.edu.tr

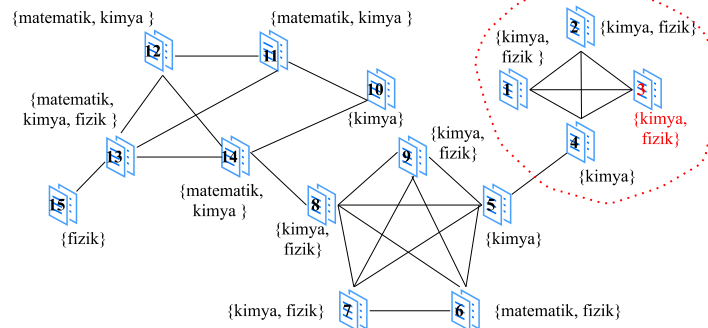
1. Giriş

Bilgi teknolojilerinin hızlı gelişimi ile birlikte sosyal medya ağları, protein-protein etkileşim ağları ve işbirliği ağları gibi birçok bileşenden ve bu bileşenlerin etkileşimlerinden oluşan kompleks ağ yapıları ortaya çıkmaktadır. Bu ağ yapılarını formülize etmek ve bu sayede ağdaki bileşenlere ait analizi kolaylaştırmak amacı ile graf yapıları kullanılmaktadır. Kompleks ağlar, ağdaki bileşenlerin düğümlere bileşenler arasındaki etkileşimlerin kenarlara karşılık geldiği graf yapıları ile temsil edilmektedir. Son zamanlarda, geniş ölçekli olarak gözlenen bu karmaşık ağ yapılarının daha yorumlanabilir bir özetini sunmak için ağımlı içerisindeki toplulukların tespiti problemi çalışılmaktadır (Lancichinetti ve Fortunato, 2009; Chunaev, 2020). Topluluk, belirli özelliklere göre birbirleri ile yoğun ilişkili ve benzerlik gösteren varlıklar kümesi olarak tanımlanır. Toplulukların keşfedilmesi, pazarlama, sosyoloji, biyoloji, güvenlik gibi birçok farklı alanda insanlar ya da nesnelere arasındaki ilişkilerin, ortak ilgi alanlarının ve hiyerarşinin analizi için oldukça önemli olmaktadır (Kakışim ve Sogukpinar, 2015). Literatürde, topluluk tespiti problemini adresleyen pek çok çalışma bulunmaktadır (He ve ark., 2018; Ma ve ark., 2020). Topluluk tespiti ile ağdaki tüm toplulukların ortaya çıkarılması amaçlanmakta ve böylece global bir ağ analizi sağlanmaktadır. Örneğin; sosyal medya ağlarında belirli bir kullanıcının dâhil olduğu ya da olabileceği sosyal çevrelerin keşfi, yakın çevredeki arkadaş gruplarına ait buluşmaları öneren ya da yakınlardaki bir restoranın kupon ve reklam paylaşımını kullanıcıya ileten sistemler için önemli olabilmektedir (Huang ve ark., 2017). Protein-protein etkileşimi gibi ağlarda birbirleri ile yüksek düzeyde etkileşime giren proteinlerinden oluşan toplulukları keşfetmek (Huang ve ark., 2019), belirli moleküler yapıların işlevselliğini ortaya çıkarmaya yardımcı olabilir. Fakat çok fazla düğümden ve yüksek sayıda kenardan oluşan geniş ölçekli ağlardaki tüm toplulukların keşfedilmesi maliyetli ve aynı zamanda zaman alıcı bir görev olarak bilinmektedir. Bu nedenle, son zamanlarda, birçok araştırmacı daha yerel bir analiz sağlayan "topluluk arama" problemine odaklanmaktadır. Topluluk arama, kişiselleştirilmiş sorgular kullanarak, hızlı ve verimli bir şekilde yoğun ilişkili, anlamlı ve kolay yorumlanabilen alt yapıları keşfetme problemi olarak tanımlanır (Huang ve Lakshmanan, 2017). Topluluk arama, sorgu tabanlı ve çevrimiçi bir arama özelliği sağladığından, özellikle gerçek zamanlı çalışan öneri

yada içerik sağlayıcı sistemler için daha hızlı sonuçlar elde edebilmek adına önemlidir (Shang ve ark., 2017).

Topluluk arama yöntemleri, sorgu düğümü/düğümünü içeren yoğun şekilde bağlı alt graf yapılarını diğer bir deyişle toplulukları bulmayı hedefler. Son zamanlarda, k -çekirdek (k -core) (Barbier ve ark., 2015), k -tras (k -truss) (Huang ve ark., 2014), k -klik (k -klick) (Yuan ve ark., 2015) ve k -kenar (k -edge) (Chang ve ark., 2015) olmak üzere birçok graf tabanlı topluluk arama yöntemi sunulmuştur. Bu yöntemler genellikle topluluk arama problemi için literatürde var olan graf alt yapılarını keşfetme yaklaşımlarını kullanmaktadırlar. Sorgu düğümünü temel alarak, k -çekirdek her bir düğümün en az bir k komşusu olduğu bir alt graf keşfi yaparken, k -tras her bir düğümün en az $(k - 2)$ üçgen içinde bulunduğu bir alt grafi elde eder (Huang ve Lakshmanan, 2017). K -klik, k tane düğümün birbirine benzersiz bir kenarla bağlı olduğu bir alt grafi, k -kenar ise $k - 1$ sayıda kenar çıkarıldığında bağlılığını kaybetmeyen bir alt grafi keşfeder (Zhang ve ark., 2020).

Gerçek hayatta gözlemlenen ağ nesnelere ise buldukları topluluğu temsil eden bazı özelliklere sahiptir. Örneğin, işbirliği ağlarındaki yazarlara ait uzmanlık alanları ya da sosyal ağlardaki kullanıcılara ait kişisel bilgiler düğümlere ait öznitelik verisi olarak elde edilmektedir. Graf yapısı ve öznitelik verisi olmak üzere iki farklı veriye sahip bu tür ağlar öznitelikli ağlar olarak adlandırılır. Graf verisi, ağ nesnesinin ağdaki yerel ve global konumunu temsil ederken, öznitelik verisi düğümü tanımlayan içeriksel veriyi temsil eder. Geleneksel graf tabanlı topluluk arama yaklaşımları, yalnızca ağ topolojisinin dikkate alır ve düğüm özniteliklerinin etkisini göz ardı eder. Fakat, düğümlere ait özniteliklerinin de topluluk oluşumu üzerinde bir etkiye sahip olduğu fikri ile son zamanlarda, öznitelik verisini de topluluk arama sürecine dahil eden yeni yaklaşımlar önerilmektedir (Huang ve Lankshmanan, 2017; Sun ve ark., 2020). Ayrıca, öznitelikleri de sorgu olarak kullanarak, sorgu öznitelikleri ile ilişkili topluluk arama süreci de içeriksel olarak benzer düğüm kümelerini ortaya çıkarmak için önemli olmaktadır. Şekil 1'de sorgu noktalarının ilişkili olduğu, öznitelikli bir graf yapısı örneklendirilmiştir. Şekilde, ağda ki üyeler, uzmanlık alanları (fizik, kimya, matematik) ve aralarındaki ilişkiler verilmektedir. Bu graf üzerinden sadece 3. üye sorgulanır ise 1., 2., 3. ve 4. üyenin olduğu öznitelik homojenliği yüksek bir alt graf topluluk olarak keşfedilir (Sun ve ark., 2020).



Şekil 1. Öznitelikli grafında topluluk aramasına bir örnek: Sorgulanan düğüm "3", sorgulanan öznitelikler {kimya, fizik}.

Bu çalışmada, öznitelikli ağlarda topluluk arama problemini adreslemek amacı ile düğümlere ait öznitelik verisini ağ topolojisine entegre etme fikrine dayanan yeni bir graf temsili öneriyoruz. Önerilen yöntem, öznitelikleri içeriksel bir düğüm olarak tanımlayarak ve her düğümün yalnızca kendi öznitelikleriyle ile bağlantılı olduğu bir graf oluşturarak ağ

topolojisine içeriksel bir boyut eklemektedir. Bu yeni graf temsili ile mevcut topluluk arama algoritmalarını öznitelikli ağlar üzerinde uygulanabilir hale getirmek hedeflenmiştir. Ayrıca, içerik verisini dâhil ederek topoloji tabanlı algoritmaların başarısını artırmak ve öznitelik verisini sorgu verisi olarak kullanılabilir hale getirmek amaçlanmaktadır. Gerçek dünya veri

setleri üzerinden elde edilen deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin temel yöntemler ile karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluk değerleri elde ettiğini göstermektedir.

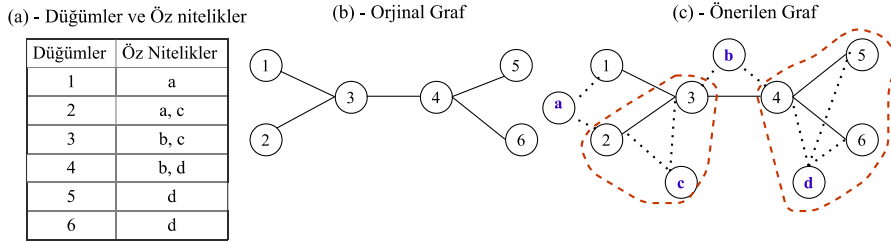
Bu yazının geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde önerilen yaklaşım ve kullanılan topoloji tabanlı algoritmalar ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Üçüncü bölümde, deneysel sonuçlar verilmektedir. Son olarak dördüncü bölümde ise makaleye ait sonuçlar özetlenmekte ve gelecek çalışmalardan bahsedilmektedir.

2. Önerilen Yöntem

2.1. Önerilen Graf Yapısı

Ağlar, düğümleri ağlardaki nesnelere, kenarları nesnelere arasındaki ilişkilere karşılık gelen bir graf yapısı ile temsil edilmektedir. Öznitelikli ağlar ise ağın topolojisini temsil eden graf yapısının yanı sıra, ağdaki nesnelere ilgi alanlarını temsil eden içeriksel bir veriye de sahiptir. Örneğin, bir web sayfa ağında, düğümler ve yönlendirilmiş kenarlar sırasıyla web sayfalarına ve web sayfaları arasındaki hiper bağlantılara karşılık gelirken, web sayfasındaki kelimeler, başlıklar, etiketler, konular ağın içeriksel verisini diğer bir deyişle özniteliklerini temsil etmektedir. Bir ağ, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ düğümler kümesi, $E = (V \times V)$ kenarlar kümesi olmak üzere $G = (V, E)$ grafi olarak tanımlanır. Düğüm v_1 ve düğüm v_2 arasında bir bağlantı var ise e_{12} kenar değeri 1, diğer durumda 0'dır. Öznitelikli ağlarda ise ağın topolojisini temsil eden v çalışmada yapısal graf olarak adlandırdığımız G grafının yanı sıra, her bir düğümün sahip olduğu öznitelikleri temsil eden bir $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ öznitelik kümesi bulunmaktadır. Burada, f_v v düğümüne ait öznitelikleri içeren bir alt öznitelik kümesidir. Ağın topolojik yapısı bir graf ile, öznitelik verisi ise farklı bir küme ile tanımlandığından, graf tabanlı topluluk arama algoritmaları, ağın içeriksel verisi olan F öznitelik kümesini göz ardı etmektedir.

Bu çalışmada, ağın içeriksel verisi olan F öznitelik kümesinin ağın yapısal verisi G grafına entegre edildiği yeni bir



Şekil 2. Önerilen graf yapısı için örnek çizim.

2.2. Topluluk Arama Algoritmaları

Topluluk arama algoritmaları, bir sorgu isteğine bağlı olarak çevrimiçi bir şekilde sorgu ile ilişkili toplulukları elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada, k -tras (Huang vd., 2014) ve k -çekirdek (Barbier vd., 2015) tabanlı topluluk arama yöntemleri önerilen öznitelikli graf yapısı üzerinde çalıştırılacaktır. Bu nedenle, bu bölümde bu iki algoritma anlatılacaktır.

2.2.1. k -tras tabanlı topluluk arama

k -tras topluluk arama yöntemi, bir G grafi ve bir sorgu düğümü q verildiğinde, q düğümünü içeren ve her kenarın en az $k - 2$ üçgen içinde bulunduğu en büyük alt grafi $S \subseteq G$ bulmayı amaçlar. Matematiksel olarak ifade edilir ise \forall kenar $e \in E(S)$

graf temsili oluşturulmaktadır. Bu amaçla, F öznitelik kümesindeki her bir öznitelik bir düğüm olarak değerlendirilmiş ve G graf yapısı içeriksel düğüm olarak adlandırdığımız öznitelikler ile genişletilmiştir. Genişletilmiş bu graf yapısı $G' = (V', E')$ olarak temsil edilmektedir. Düğüm kümesi V' yapısal düğümler ve içeriksel düğümler olmak üzere iki farklı kümeden gelen düğümlerin birleşiminden $V \cup F$ oluşmaktadır. Kenar kümesi E' ise yapısal graftan gelen E kümesinin yanı sıra, yapısal düğümler ve o düğümlere ait öznitelikleri temsil eden içeriksel düğümler arasında oluşturulmuş yeni bağlantıları da kapsamaktadır. Eğer bir v düğümü u özniteliğini içeriyor ise v yapısal düğümü ve u öznitelik düğümü arasında bir bağlantı oluşturulur. Yapısal düğüm ile düğüme ait özniteliklere karşılık gelen içeriksel düğümler arasında yönsüz ve ağırlık değeri 1 olacak şekilde kenarlar oluşturulur. Bu süreç, ağdaki tüm yapısal düğümler için uygulanarak G' grafına ait E' kenar kümesi elde edilir. Şekil 2'de ağın orjinal yapısı ve önerilen graf yapısı örneklendirilmiştir. Şekil 2 (a) ve (b)' de sırasıyla altı adet ağ nesnesine ait öznitelikler ve bu ağ nesnelere arasındaki bağlantıları gösteren orjinal graf yapısı verilmektedir. Şekil 2 (c)' de ise altı adet ağ nesnesini temsil eden altı yapısal düğümleri ve bu ağ nesnelere ait dört farklı özniteliği temsil eden içeriksel düğümleri içeren yeni bir graf temsili sunulmaktadır. Yapısal düğüm ile sahip olduğu öznitelikler arasında doğrudan bir bağlantı oluşturulmuştur. Örneğin; yapısal düğüm 2 içeriksel düğümler a ve c ile yapısal düğüm 3 ise içeriksel düğümler b ve c ile doğrudan bağlıdır. Önerilen graf ile orjinal grafa yeni alt graf yapıları dahil edilmektedir. Örneğin; eklenen yeni içeriksel düğüm c nedeni ile düğüm 2 ve düğüm 3'ü içeren yeni bir üçgen yapı grafa eklenmiştir.

Yukarıdaki terminolojileri kullanılarak, problem, önerilen öznitelikli graf yapısı $G' = (V', E')$ ve sorgu q verildiğinde, q düğümüne yada özniteliğine ait $C'(q)$ topluluğunu arama olarak tanımlanır. Topluluk arama sürecinde, ağın topolojik yapısı üzerinde çalışan geleneksel topluluk arama yaklaşımları önerilen $G' = (V', E')$ graf yapısına uygulanacaktır.

için $sup(e, S) \geq (k - 2)$ olmalıdır. Burada, $sup(e, S)$ S alt grafindaki e kenarının desteği olarak tanımlanır ve S alt grafindaki e kenarını içeren üçgen sayısını ifade eder. Bir $G(V, E)$ grafindaki üçgen yapısı $\{(u, v), (u, w), (v, w)\} \in E$ ve $\{u, v, w\} \in V$ olmak üzere 3 düğümü birbirine bağlayan 3 kenardan oluşan üçgen biçiminde bir alt graf T_{uvw} olarak tanımlanır. Bu durumda, örneğin T_{quv} ve T_{qvw} olmak üzere iki farklı üçgen e kenarını içeriyor ise kenar desteğinin değeri $sup(e(q, v)) = 2$ olur. Bir alt graf S 'in tras derecesi $\tau(S)$, içerdiği en düşük kenar destek değerine sahip kenar tarafından belirlenir. Bir kenar e 'nin tras derecesi $\tau(e)$ ise e kenarını içeren en yüksek tras derecesine sahip S alt grafinın tras derecesine $\tau(S)$ eşittir.

k -tras topluluk arama yöntemi (Huang ve ark., 2014; Shang ve ark., 2017), bir G grafiğine k ve q parametrelili verildiğinde, her bir kenar için tras derecesi hesaplamak amacı ile G grafi üzerinde tras ayrıştırma (truss decomposition) işlemi uygulanır. Tras ayrıştırma sürecinde, öncelikle her bir kenar $e \in E$ için destek değeri $sup(e)$ hesaplanır. Sonrasında, $k=2$ ' den başlayarak, yinelemeli bir şekilde $sup(e) \leq k - 2$ koşulunu sağlamayan en düşük destek değerli kenarları graftan kaldırır. Bu işlemden sonra, çıkarılan kenarlara ait maksimum tras derecesi hesabı yapılır ve bu değer k olarak belirlenir. Budanan kenarları içeren üçgen yapılarındaki diğer kenarlara ait kenar destek değeri bir azaltılır. Bu süreç, $k - 2$ değerinden daha küçük ve eşit kenar destek değerine sahip kenarlar kaldırılncaya kadar devam eder. Algoritmanın sonucunda, her bir kenar e için bağ derecesi $\tau(e)$ değeri hesaplanmış olur. Sonrasında, her bir düğüm $v \in V$ için, düğüm v 'nin komşuları kenar tras derecelerine göre büyükten küçüğe sıralanır ve kenar tras derecesi k 'ya eşit olanlar işaretlenir. Bu sayede, düğüm v 'ye bağlı diğer kenarlar kenar tras derecelerine göre işaretlenmiş olur. Bir q düğümü sorgulandığında, algoritma q 'ye bağlı her bir kenarı kontrol ederek topluluk aramaya başlar. Verilen sorgu düğüm q 'dan başlayarak q 'ya bağlı her bir kenar $(q, v) \in E$ için $\tau(q, v) \geq k$ koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Diğer bir deyişle, üçgen yapılar ile bağlı topluluklar aranır. Bu süreç, q 'yu içeren tüm bağlı kenarlar için devam eder ve sonuç olarak q 'yu içeren bir dizi k -tras topluluğu ortaya çıkarılır.

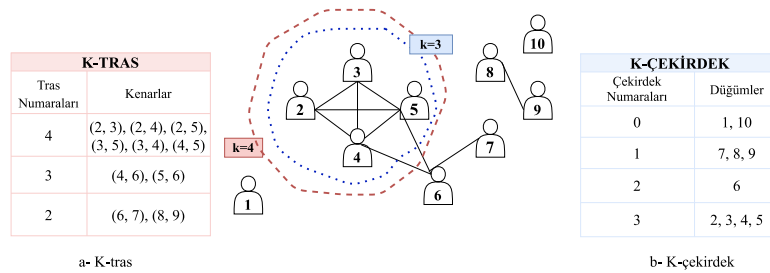
Şekil 3 (a)'da verilen bir graf üzerinde k -tras toplulukları örneklenmiştir. Örneğin; düğüm 1 veya düğüm 10 sorgulandığında, düğüm hiçbir üçgen yapının içinde olmadığından ve bu nedenle $sup(1)$ değeri 0 olduğundan, k -tras yöntemi bu sorgu sonuç döndürmez. Düğüm 2 sorgulandığında, düğüm 2'ye bağlı kenarlar iki farklı üçgen yapısının içinde olduğundan bu kenarların destek değeri $sup(1) = 2$ ve tras değeri ise 4 olur. Bu kenarların bağlı olduğu diğer düğümler 3, 4, 5' ait kenarların da tras değerleri 4 olduğundan, $k=4$ parametresi için bu sorguya ait topluluk 2, 3, 4, 5 olarak belirlenir.

2.2.2. k -çekirdek tabanlı topluluk arama

k -çekirdek topluluk arama yöntemi, bir G grafi ve bir sorgu düğümü q verildiğinde, q düğümünü içeren ve her bir düğüm derecesinin en az k tamsayısı kadar olduğu diğer bir deyişle her bir düğümün en az k adet bağlantısının olduğu en büyük alt graf yapısını $S \subseteq G$ bulmayı amaçlar. Matematiksel olarak ifade edilir ise \forall düğüm $v \in V(S)$ için $deg_S(v) \geq k$ olmalıdır. Bir düğüm $v \in V$ 'ye ait çekirdek numarası $\phi(v)$ ise v içeren en yüksek çekirdek dereceli alt grafin derecesine eşittir. Bu durumda, eğer bir düğüm bir k -çekirdek altgrafının içerisinde bulunuyor fakat bir $(k+1)$ -çekirdek altgrafının içinde bulunmuyor ise, $\phi(v) = k$ olur.

k -çekirdek topluluk arama yöntemi (Barbier ve ark., 2015; Fang ve ark., 2020), bir G grafiğine k ve q parametrelili verildiğinde, G grafindaki tüm düğümler için k -çekirdek numarasını hesaplamak amacı ile G grafi üzerinde çekirdek ayrıştırma (core decomposition) işlemi uygulanır. k -çekirdek topluluk bulma algoritması öncelikli olarak graftaki düğümlerin düğüm derecelerini hesaplar. Düğümler düğüm derecesine göre artan bir sırada sıralanır. Graftaki minimum düğüm derecesine, örneğin d , sahip düğüm v 'nin çekirdek numarası $\phi(v) = d$ olarak belirlenir ve bu düğüm ve düğüme bağlı kenarlar G grafindan kaldırılır. Sonrasında, graftaki tüm düğümler için düğüm dereceleri tekrar hesaplanır ve süreç yinelemeli bir şekilde tüm düğümlere ait çekirdek numaraları hesaplanana kadar devam eder. Bu sayede, düğüm v 'ye bağlı diğer düğümlerin de çekirdek numaraları işaretlenmiş olur. Bir q düğümü sorgulandığında, q 'ya bağlı her bir düğüm $v \in V$ için $\phi(v) \geq k$ koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek q 'yu içeren bir dizi k -çekirdek topluluğu ortaya çıkarılır.

Şekil 3 (b)'de verilen bir graf üzerinde k -çekirdek toplulukları örneklenmiştir. Örneğin; $k=3$ olmak üzere 7. düğüm sorgulanır ise bu düğümün derecesi 1 olduğundan algoritma bir sonuç dönmeyecektir. Düğüm 2 $k=3$ için sorgulandığında ise, bu düğümün ve bağlı diğer düğümlerin düğüm dereceleri 3 ve 3'den büyük olduğundan algoritma 2, 3, 4, 5 düğümünü içeren bir topluluk keşfedecektir.



Şekil 3. K -tras ve K -çekirdek yöntemleri için örnek bir çizim.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Veri Kümeleri ve Deneysel Kurulum

Deneyle, beş farklı karmaşık ağ veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de $|V|$, $|E|$, $|A|$ sırasıyla düğüm sayısı, kenar sayısı ve öznitelik sayısını temsil etmek üzere bu veri setlerine ait istatistikler verilmektedir. Pubmed, Cora ve Citeseer ağları, her düğümün bir bilimsel makaleye karşılık geldiği atf ağlarıdır (LINQS, 2021). Atf ağlarında, bir makalenin diğerine

atf vermesi durumunda bu makaleleri temsil eden düğümler arasında doğrudan bir bağlantı (kenar) oluşmaktadır. Her düğüm, makalenin başlığında bulunan kelimelerden oluşan öznitelikler ile ilişkilendirilmiştir. Facebook ve BlogCatalog ağları, aynı adlı sosyal ağ sitelerinden elde edilen bir sosyal ağ veri setleridir. Bu ağlarda, düğümler sosyal medya kullanıcılarını, kenarlar ise kullanıcılar arasındaki arkadaşlık ilişkilerini temsil etmektedir. Bu ağlarda düğümlere ait öznitelikler, sırasıyla kullanıcılara ait kişisel bilgilere ve bloglarda kullanılan etiketlere karşılık gelmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan beş farklı veri kümesinin ait istatistikler

Veri Kümesi	$ V $	$ E $	$ A $	Topluluk Sayısı	Test Edilen Düğüm Sayısı
Cora	2708	5429	1433	7	700
Citeseer	3312	4598	3703	6	600
Blogcatalog	5196	171743	8189	6	600
Pubmed	19717	44324	500	3	300
Facebook	22470	11235	4714	4	400

Tüm yöntemler tarafından bulunan toplulukların kalitesini değerlendirmek için her bir ağa ait her bir sınıftan rastgele 100 düğüm seçilmiş ve sorgu düğümleri olarak kullanılmıştır. Sorgu düğümünün ait olduğu topluluk C , sorgu işleminden sonra elde edilen topluluk C' olmak üzere, her bir sorgudan elde edilen topluluk için keskinlik ($Prec$) ve duyarlılık (Rec) değerleri

$$Prec(C_q, C'_q) = \frac{|C_q \cap C'_q|}{|C'_q|}, \quad Rec(C_q, C'_q) = \frac{|C_q \cap C'_q|}{|C_q|} \quad (1)$$

$$Prec_{ort} = \frac{\sum_{q \in Q} Prec(C_q, C'_q)}{|Q|}, \quad Rec_{ort} = \frac{\sum_{q \in Q} Rec(C_q, C'_q)}{|Q|}, \quad F1 = \frac{2 * Prec_{ort}(C_q, C'_q) * Rec_{ort}(C_q, C'_q)}{Prec_{ort}(C_q, C'_q) + Rec_{ort}(C_q, C'_q)} \quad (2)$$

3.2. Performans Değerlendirilmesi

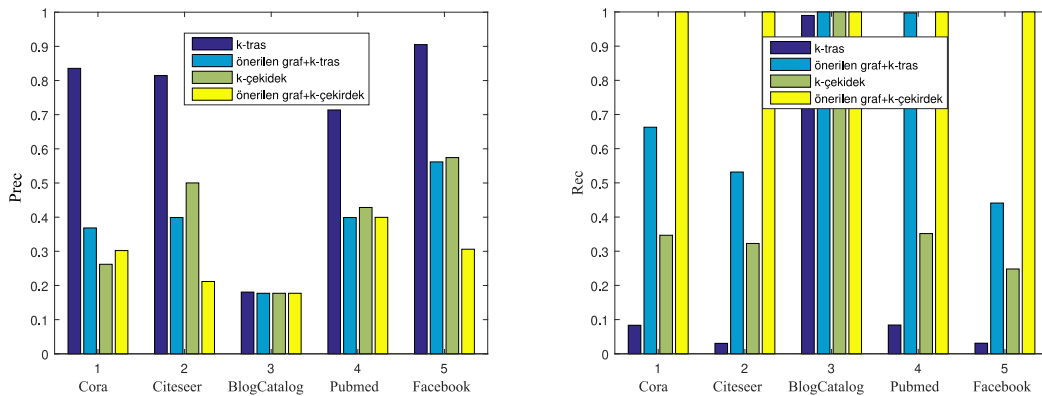
Bu bölümde, Bölüm 2'de detaylı olarak anlatılan k -tras ve k -çekirdek topluluk arama yöntemlerinin performansı orijinal graf yapısı ve önerilen graf yapısı için analiz edilmektedir. Tablo 2' de beş farklı veri seti üzerinde çalıştırılan yöntemlere ait F-ölçüm sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlara göre, önerilen graf yapısı

hesaplanarak, F1-ölçümü değerleri elde edilmiştir. Sorgulanacak düğümlerinden oluşan düğüm kümesi Q ve sorgu düğümü q olmak üzere keskinlik ve duyarlılık değerleri Denklem 1 kullanılarak hesaplanmaktadır. Her bir veri seti için F1 değeri keskinlik ve duyarlılık değerlerinin ortalaması hesaplanarak Denklem 2'de gösterildiği şekilde elde edilmektedir.

üzerinden elde edilen k -tras sonuçlarının, tüm veri setleri için, orijinal graf yapısı üzerinden elde edilen k -tras performans sonuçlarından daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, k -çekirdek yöntemi önerilen graf yapısı ile çalıştırıldığında Citeseer veri seti haricinde tüm veri setleri için daha yüksek doğruluk değerleri elde edilmiştir.

Tablo 2. Farklı veri setleri üzerinde yöntemlere ait F-ölçüm sonuçları ($k=3$).

	Cora	Citeseer	BlogCatalog	Facebook	Pubmed
k -truss	0.11450	0.05434	0.29812	0.05304	0.12964
Önerilen Graf + k -truss	0.36054	0.29166	0.30113	0.37883	0.56986
k -core	0.27851	0.38035	0.30113	0.34574	0.38623
Önerilen Graf + k -core	0.46411	0.34936	0.30113	0.46882	0.57082



Şekil 4. Farklı veri setleri için karşılaştırılan yöntemlerin keskinlik ($Prec$) ve duyarlılık (Rec) değerleri

Şekil 4'de ise yöntemlere ait keskinlik ($Prec$) ve duyarlılık (Rec) değerleri sunulmaktadır. Keskinlik sonuçları temel alındığında, orijinal graf üzerinde çalıştırılan k -tras ve k -çekirdek algoritmalarının, neredeyse tüm veri setleri için önerilen yaklaşımdan daha iyi performans sergiledikleri görülmektedir. Bu durumun en temel nedeni, önerilen graf yapısındaki içeriksel

düğümün aynı grup içerisinde olmayan birçok düğüm arasında doğrudan bağlantı oluşturmasıdır. Böylece, ilgisiz veya gürültü veri olarak değerlendirilebilecek alt graf yapılarını topluluk arama sürecine dâhil etmektedir. Önerilen graf yapısı üzerinden bir düğüm sorgulandığında, orijinal grafa kıyasla, çok daha fazla sayıda düğüm içeren topluluklar elde edilmektedir. Şekil 4'de

verilen duyarlılık sonuçları dikkate alındığında ise, topluluk arama yöntemlerinin önerilen graf yapısı ile daha yüksek performans elde ettiği görülmektedir. Özellikle, önerilen graf yapısı k -çekirdek yöntemi ile çalıştırıldığında tüm veri setleri için ve test edilen tüm sorgu düğümleri için toplulukları %100 doğru bir şekilde bulmaktadır. Bu sonuçlara göre, orijinal grafa kıyasla, önerilen graf yapısı üzerinden, topluluk arama yöntemlerinin daha geniş bir ölçekte arama yapabildiği gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, önerilen yöntemin, tek bir sorgu düğümü üzerinden bir topluluğa ait birçok düğümü keşfedebilme eğiliminde olduğu analiz edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, öznitelik verisini gözardı eden graf topolojisi tabanlı topluluk arama algoritmalarını öznitelikli ağlar için kullanılabilir hale getiren yeni bir graf temsili önerdik. Öznitelik verisini bir graf yapısına dönüştürerek, orijinal graf yapısına içeriksel bir boyut eklemeyi amaçladık. Deneysel sonuçlar, öznitelik verisi ile zenginleştirilmiş graf yapısı kullanarak topluluk arama süreci için genellikle daha yüksek başarı değerleri elde edildiğini göstermektedir. Gelecek çalışmalarda, öncelikle veri seti ve karşılaştırılan temel topluluk arama algoritmalarının sayısını artırarak deneysel sonuçları genişletmeyi planlıyoruz. Önerdiğimiz yaklaşıma ait duyarlılık sonuçlarını artırmak için önerilen graf yapısı kullanılarak elde ettiğimiz topluluklardaki ilgisiz düğümleri filtreleyen yeni bir yaklaşım geliştirmeyi hedefliyoruz. Bu amaçla, elde edilen topluluklar üzerinden, diğer bir deyişle k -tras ya da k -çekirdek alt grafları üzerinden sorgu düğümünün dahil olduğu daha anlamlı bir alt graf araması yapmayı amaçlıyoruz. Diğer bir gelecek çalışma ise, önerilen ağ temsili üzerinde daha hızlı ve başarılı sonuçlar üretecek, ağı yerel ve küresel komşuluklarını temel alarak topluluk arama süreci uygulayan yeni bir topluluk arama yaklaşımı önermektir.

Kaynakça

Lancichinetti, A., & Fortunato, S. (2009). Community detection algorithms: a comparative analysis. *Physical review E*, 80(5), 056117.

Chunaev, P. (2020). Community detection in node-attributed social networks: a survey. *Computer Science Review*, 37, 100286..

Kakisim, A., & Sogukpinar, I. (2015, May). Community detection in social networks using content and link analysis. In *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1521-1524). IEEE.

He, K., Li, Y., Soundarajan, S., & Hopcroft, J. E. (2018). Hidden community detection in social networks. *Information Sciences*, 425, 92-106.

Ma, T., Liu, Q., Cao, J., Tian, Y., Al-Dhelaan, A., & Al-Rodhaan, M. (2020). LGIEM: Global and local node influence based community detection. *Future Generation Computer Systems*, 105, 533-546.

Huang, X., Lakshmanan, L. V., & Xu, J. (2017, April). Community search over big graphs: Models, algorithms, and opportunities. In *2017 IEEE 33rd international conference on data engineering (ICDE)* (pp. 1451-1454). IEEE.

Huang, X., Lakshmanan, L. V., & Xu, J. (2019). Community search over big graphs. *Synthesis Lectures on Data Management*, 14(6), 1-206.

Huang, X., & Lakshmanan, L. V. (2017). Attribute-driven community search. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 10(9), 949-960.

Shang, J., Wang, C., Wang, C., Guo, G., & Qian, J. (2017). An attribute-based community search method with graph refining. *The Journal of Supercomputing*, 1-28.

Barbieri, N., Bonchi, F., Galimberti, E., & Gullo, F. (2015). Efficient and effective community search. *Data mining and knowledge discovery*, 29(5), 1406-1433.

Huang, X., Cheng, H., Qin, L., Tian, W., & Yu, J. X. (2014, June). Querying k -truss community in large and dynamic graphs. In *Proceedings of the 2014 ACM SIGMOD international conference on Management of data* (pp. 1311-1322).

Yuan, L., Qin, L., Lin, X., Chang, L., & Zhang, W. (2016). Diversified top- k clique search. *The VLDB Journal*, 25(2), 171-196.

Chang, L., Lin, X., Qin, L., Yu, J. X., & Zhang, W. (2015, May). Index-based optimal algorithms for computing steiner components with maximum connectivity. In *Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data* (pp. 459-474).

Zhang, Q., Li, R. H., Yang, Q., Wang, G., & Qin, L. (2020, April). Efficient top- k edge structural diversity search. In *2020 IEEE 36th International Conference on Data Engineering (ICDE)* (pp. 205-216). IEEE.

Sun, H., Huang, R., Jia, X., He, L., Sun, M., Wang, P., ... & Huang, J. (2020). Community search for multiple nodes on attribute graphs. *Knowledge-Based Systems*, 193, 105393.

Fang, Y., Huang, X., Qin, L., Zhang, Y., Zhang, W., Cheng, R., & Lin, X. (2020). A survey of community search over big graphs. *The VLDB Journal*, 29(1), 353-392.

LNQS, (2021). Statistical Relational Learning Group, (<https://linqs.soe.ucsc.edu/data>), (Erişim Tarihi: 07.05.2021).



Videoların Derin Öğrenme ile Sınıflandırılarak Filtrelenmesi

Murat Kazanç^{1*}, Tolga Ensari², Mustafa Dağtekin³

¹ İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul Bölümü, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8405-0181)

² Arkansas Tech University, College of Engineering & Applied Science, Dept of Computer and Information Science, Arkansas, USA (ORCID: 0000-0003-0896-3058)

³ İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID :0000-0002-0797-9392)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952481)

ATIF/REFERENCE: Kazanç, M., Ensari, T., & Dağtekin, M. (2020). Videoların Derin Öğrenme ile Sınıflandırılarak Filtrelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 338-342.

Öz

Bu çalışmada derin öğrenme metodu olan evrişimli sinir ağları (Convolutional Neural Networks - CNN) ve transfer öğrenme metodu kullanılarak tütün mamulleri, alkollü içecek ve silah gibi istenmeyen nesnelerin tespitini ve sınıflamasını yapan bir model geliştirilmiştir. Bu model Tensorflow JS'e dönüştürülerek, internet tarayıcısı için bir eklenti olarak geliştirilmiştir. Bu eklenti ile izlenen videolardan anlık görüntüler alınarak eğitilen model üzerinde sınıflandırmalar yapılmıştır. Videolar üzerinde yapılan sınıflamalarda gerekli görülen sonuçlar, Google tarafından sağlanan bir bulut hizmeti olan Firebase'in RealTimeDatabase'e kaydedilmiştir. Kaydedilen veri tabanı kullanılarak daha önceden kötü içerik tespiti yapılmış videoların engellenmesi sağlanmıştır. Tarayıcıdan yapılan tespitlerin son 25 tanesi bilgilendirme amaçlı kullanıcı tarafından görüntülenebilmektedir. Bu çalışmada, izlenen videolardan anlık görüntüler alınarak model ile sınıflama yapılmıştır. Gerekli hallerde videonun bilgisi veri tabanına eklenebilmektedir ve veri tabanına kayıtlı videoların görüntülenmesi filtre edilebilmektedir. Geliştirilen sistem hem fiziksel cihazlar hem de emülatör aracılığıyla test edilmiştir. CNN ile geliştirilen derin öğrenme modelinin ağ yapısı oluşturulmasında iki yol benimsenmiştir. Birincisinde, tüm ağ modeli tarafımızca oluşturduğumuz modeldir. Bu modelde, parametre sayısı 7.752.707 adettir ve %86,75 eğitim ve %88,02 test doğruluğu elde edilmiştir. İkinci olarak, transfer öğrenme metodu kullanılarak, başarısı literatürde kanıtlanmış modellerden olan MobileNetV2 tercih edilmiştir. Çıkış katmanları düzenlenmiş bu modelde eğitilebilir 593.155 adet ve toplamda 2.852.675 adet parametre ile %65,34 eğitim ve %50,35 test doğruluğu elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, video içeriklerini filtrelemek için CNN modelinin daha verimli olacağı bulgusuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Evrişimli sinir ağları (CNN), derin öğrenme, video filtreleme, transfer öğrenme.

Filtering Videos by Classification with Deep Learning

Abstract

In this study, a model that detects and classifies unwanted objects such as tobacco products, alcoholic beverages and weapons was developed using Convolutional Neural Networks (CNN), which is a deep learning methods and transfer learning. This model was converted to Tensorflow JS and developed as an add-on for an Internet Browser. With this add-on, snapshots were taken from the watched videos and classifications were made using the trained model. The results that are deemed necessary in the classification of the videos were recorded to Firebase's RealTimeDatabase, a cloud service provided by Google. By using the recorded database, videos that had previously been detected with harmful content were blocked. The last 25 of the definitions made from the browser can be viewed by the user for informational purposes. In this study, snapshots from watched videos were taken and classified with the model. If necessary, information about the video can be added to the database, and videos saved in the database can be filtered. The developed system has been tested through both physical devices and emulator. Two ways have been adopted in creating the network structure of the model developed with CNN. First, the entire network model is the one that is created by us. In this model, the number of parameters was 7,752,707 and the accuracy of 84.84% training and 79.77% testing was achieved. Second, MobileNetV2, which is one of the models whose success has been proven in the literature, was preferred using the transfer learning method. With 593,155 trainable parameters and 2,852,675 parameters in total, 65.34% training and 50.35% test accuracy was achieved in this model with output layers arranged. As a result of the study, it was found that the CNN model would be more efficient in filtering video content.

Keywords: Convolutional neural networks (CNN), deep learning, video filtering, transfer learning.

* Sorumlu Yazar: İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8405-0181, murat.kazanc@ogr.iuc.edu.tr

1. Giriş

Derin öğrenme ham veriden kademeli olarak daha yüksek seviyeli özellikler çıkarmak için çoklu katmanlar kullanan bir makine öğrenmesi alt sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, görüntü sınıflandırmada alt katmanlar kenarları tanımlarken yüksek katmanlar rakam, harfler veya yüzler gibi kavramları tanımlayabilir. Bu çalışmada, derin öğrenme kullanılarak video sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Sınıflandırma için veri kümesindeki belirgin özelliklerinin ortaya çıkarılması gerekir. Bunun için evrişimli sinir ağları (convolutional neural networks) geliştirilmiştir. Böylece, özellik çıkarımı yapılabilmektedir. Örnek olarak eğriler, kenarlar gibi özelliklerin belirginleşmesi bu ağlar ile sağlanabilir (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015).

Tarayıcı eklentileri görüntülenen internet sitesinin içerisine, normalde sitenin içeriğinde olmayan yeni özellikler eklemek için kullanılabileceği gibi tarayıcıda bulunmayan özellikler eklemek için de kullanılmaktadır. Örneğin, tarayıcılar için web sitelerindeki reklamları engelleyen eklentiler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, normalde görüntülenen sitenin içeriğinde olmayan javascript kodları eklenerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Tarayıcı eklentisi, html sayfa içerisindeki video etiketini bularak oynatılan video içerisindeki görüntülerde sınıfların bulunmasıdır. Yapılan tespitlerle bir bulut veri tabanında depolanarak bir katalog oluşturulmuştur. Ayrıca, HEVC (Yüksek verimli video kodlaması-High Efficiency Video Coding) kodlamasında video sıkıştırma işlemine evrişimli sinir ağlarının kullanılabileceği gösterilmiştir (Jia, ve diğerleri, 2019). Derin öğrenme ve Markov karar süreçleri kullanılarak IP protokolü üzerinden yayın akışı gerçekleştiren beş yayıncının (YouTube, YouTube TV, Netflix, Amazon Prime ve HBO) veri paketlerinin makine öğrenmesi kullanılarak sınıflandırılması da mümkündür. Benzer çalışmada, farklı hizmetlerden gelen benzer video akış trafiği verilerinin doğru bir şekilde sınıflandırılması sağlanmıştır (Shaout & Crispi, 2020). Google Research tarafından 8 milyon video kullanılarak 200 farklı etiket ile veri kümesi oluşturulmuştur. Bu veri kümesi araştırmacıların erişimine açıktır (Abu-El-Haija, ve diğerleri, 2016).

Videoları sınıflandırmak için meta verileri, arama motoru ve sosyal medya verileri değerlendirilmesi mümkündür. Videoyu sınıflandırırken kare analizi, ses ve metin verileri kullanılmaktadır. Eğer video içerisinde alakasız, nefret, suça teşvik, yetişkin içerik varsa videonun yayınlanmasına izin verilmemektedir. Bunun için bağlam kullanılabilir (Hammam, 2019). Youtube benzeri ortamlarda görüntülenen videonun meta verilerine bakılması ve NLP metotları kullanılması makul görülmektedir. Video yüklendiği zaman otomatik olarak ön tanımlı kategorilerden birisine atanması ve ek açıklamalar oluşturulması önemli bir özellik olabilmektedir. Video sınıflanırken görsel, işitsel, açıklama, etiketler, başlık ve yorumlar dikkate alınmalıdır. Bu sayede, arama sonuçları iyileştirilmesi mümkün olacaktır (Chen, Chang, & Yeh, 2017).

Derin öğrenme video sınıflaması için çözümler sunmaktadır. Son dönemde yapılan çalışmalarda, ikili ağ yapısı önerilmektedir. Birinci ağ yapısı, videonun tamamında hareketlerin algılanmasına odaklanırken, ikinci ağ ile videodan kare görüntüleri üzerinden nesnelere tespit edilmesi sağlanmaktadır. Buradan hareketle, iki ağın sonuçlarından video içeriği anlaşılabilir. Herhangi bir eylemin zaman ve mekânsal olarak anlaşılabilmesi için birkaç hareketin arka arkaya yapılması gerekmektedir. Bu sebeple, ek olarak hafıza özelliği olan model kullanılması performansı

artıracaktır. Bununla ilgili bir diğer öneri ise denetimsiz öğrenme metotlarının video sınıflamada kullanılabileceği olmuştur. Veri kümesindeki videolar, denetimsiz öğrenme metotları ile ön gruplama yapıldıktan sonra asıl sisteme verilmesi ile detaylı sınıflandırma yapılabileceği ifade edilmektedir (Wu, Yao, Fu, & Jiang, 2017). CNN kullanılarak videolar üzerinde sınıflandırma yapılması için model eğitimi uzun süre alabilmektedir (Karpathy, ve diğerleri, 2014). Video sınıflamada iyi bir performans elde etmek için büyük miktarda etiketli veri gerekmektedir. Bu bağımlılığı en aza indirmek için yarı denetimli öğrenme yöntemi önerilmektedir. Sadece %20 ile %50 arasında değişen etiketli örneklerden, önerilen yaklaşım ile denetimli eğitilen CNN'lerden potansiyel olarak daha iyi performans göstermektedir (Jing, Parag, Wu, Tian, & Wang, 2021). UCF101 veri kümesi ile ön eğitilmiş modellerin kullanıldığı referans çalışmada, videoda yapılan spor aktivitesinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, sporcuların kendilerine uygun antrenmanları bulmaları ve performanslarını artırmalarını hedefleyen bir çalışma yapılmıştır (Ramesh & Mahesh, 2020). Bir diğer çalışmada ise videolar içerisinde yetişkin içeriği tespit edilmesine yönelik yapılan çalışmada video süresi boyunca belli periyotlarla insan cildi segmentasyonu yapılmıştır. İnsan cildi yoğunluğuna bakılarak içerik sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir (Nugroho, Hardiyanto, & Adji, 2015).

Kamu güvenlik kameralarından anomali (suç, kavga, trafik kazası vb.) tespit etmek için derin öğrenme kullanılabilir. Anomali tespitinde, bir anomaliyi tespit eden algoritma başka bir anomaliyi tespit etmekte başarısız olabilmektedir. Sistemin çevrimiçi çalışabilmesi için donanım ve yazılım (algoritma) birlikte uyumlu olarak tasarlanması gerekmektedir (Nayak, Pati, & Das, 2021). Kapalı devre televizyon kamera sistemleri tarafından üretilen büyük verinin (big data) işlenmesiyle, ilgili sorunları çözmek için kamera konumu ve görüş alanı meta verilerini, mobil nesnelere yönlendirmelerini ve video içerik analizi algoritmalarından (örneğin mobil nesnelere tespiti ve hareketi) meta verileri birleştiren bir yaklaşım tanımlanmıştır. Bu metot ile araştırmacıların insan veya nesne içermeyen kameraların görüntüleri kaldırılarak, arama süresi kısaltılmaktadır (Panta, Qodseya, & Péninou, 2018). Videolar üzerinde duman tespit edilmesi ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada transfer öğrenmeden faydalanılmıştır. Videoda sabit kalan kısımlar yerine hareket halinde olan yapıların görüntülerinden duman bilgisinin olup olmadığı derin öğrenme ile tespit edilmeye çalışılmıştır (Jia, ve diğerleri, 2021).

Videodan silah tespiti yapılan bir çalışmada ise başarılı kanıtlanmış modellerden VGG16 (Simonyan & Zisserman, 2014), InceptionV3 (Szegedy, Vanhoucke, Ioffe, Shlens, & Wojna, 2015), Inception-ResNetV2 (Szegedy, Ioffe, Vanhoucke, & Alemi, 2016), SSDMobileNetV1 (Howard, ve diğerleri, 2017), Faster RCNN (Ren, He, Girshick, & Sun, 2016), YOLO V3 ve YOLO V4 (Bochkovskiy, Wang, & Liao, 2020) algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde, en performanslı modelin YOLO V4 olduğu görülmüştür. Transfer öğrenme için ImageNet (ImageNet, 2021) ve COCO (COCO, 2021) kullanılmıştır. Bu çalışma ile video üzerinde gerçek zamanlı nesne tespiti yapılabileceği gösterilmiştir (Bhatti, Khan, Aslam, & Fiaz, 2021).

2. Derin Öğrenme ve Deneysel Çalışmalar

2.1. Veri Kümesi

Tasarlanan sistemdeki her bir sınıfı belirlemek için fazla sayıda görüntüye ihtiyaç bulunmaktadır. Yine her bir sınıf için yaklaşık olarak aynı sayıda görüntü olması en ideal durumdur. Bu

çalışmada, üç adet sınıf olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Bu sınıflar tütün mamulleri, silah ve alkollü içeceklerdir. Yapılan araştırmalar sonucunda öncelikle Kaggle (Kaggle, 2021) internet sitesinde tütün mamulleri (Lee, 2019), silah (Sasank, 2019) ve alkollü içecekler (Nouisser, 2019) için veri kümeleri temin edilmiştir. Görsel olarak veri seti üzerinde yapılan incelemelerden sonra sınıflardaki resim sayıları şu şekilde olmuştur: tütün mamülleri sınıfı için 2147 resim, silah sınıfı için 728 resim ve alkollü içecekler sınıfı için 2928 resim. Özellikle, silah sınıfı için veri kümesinde görüntü sayısının yetersiz olmasından dolayı veri kümesini geliştirmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle arama motorlarının görsel arama sonuçlarından faydalanılmıştır. Ayrıca Python programlama dilinde yazılmış “Bulk Bing Image Downloader” (Ostrolucky, 2020) uygulaması ile Bing arama motorunda verilen anahtar kelimelerimiz silah ve gun arama sonuçlarında gelen görüntülerin kaynak dosyaları elde edilmiştir.



Şekil 1. Veri kümesinden örnek tütün mamulleri, silah ve alkollü içecek görüntüleri

2.2. CNN Modeli ve Eğitimi

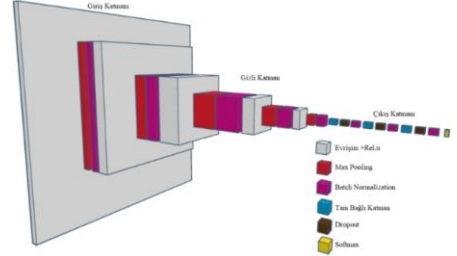
Bu çalışmada, ilk olarak ağ yapısını bizim oluşturduğumuz model için Sıralı (Sequential) metodu ile başlanmıştır. Modelimizin giriş katmanını oluşturacak ilk Conv2D (evrişim) katmanımızda 256 adet nöron ve 2x2'lik bir filtre tanımladıktan sonra 224x224x3 olan giriş biçimimizi belirttik. Bu parametre ile sistemin eğitiminde ve eğitim sonrasında tahmin için modele verilecek resimlerin pikselleri bu tensöre dönüştürülmelidir. Bu katman için aktivasyon fonksiyonu “Relu” seçilmiştir. Sonrasında tanımlanan “Max Pooling2D” ile 2x2 ortaklama (pooling) işlemi yapılmakta ve girişe uygulanan resim verisi yarılanarak 111x111x256 boyutuna indirilmektedir. Son olarak, batch normalizasyonu işlemi ile bu ara katman tamamlanmıştır.

Sonraki ara katman Conv2D' da 512 adet nöron ve 2x2'lik bir filtre tanımladıktan sonra aktivasyon fonksiyonu yine “relu” seçilmiştir. Sonrasında, tanımlanan “Max Pooling2D” ile 2x2 ortaklama işlemi yapılmakta ve girişe uygulanan resim verisi yarılanarak 55x55x512 boyutuna indirilmektedir. Tekrar batch normalizasyonu işlemi ile bu ara katman tamamlanmış olur. Bundan sonraki 3 ara katmanda, sadece nöron sayısı değiştirilerek özellik çıkarma işlemine devam edilmiştir. Son aşamada ise 6x6x256' lük bir tensör kalmıştır. Flatten katmanı ile tensör bir vektöre dönüştürülerek özellik çıkarma işlemi tamamlanmıştır. Buradan sonraki ağ yapısı, sınıfları öğrenmek için geliştirilmektedir.

Dense katmanında (tam bağlı katman-fully connected layer) 256 nöron tanımlanmıştır. Aktivasyon fonksiyonu evrişim katmanlarında olduğu gibi “relu” seçilmiştir. Modelin, aşırı öğrenme (overfitting) sorununa takılmaması için 0,2 değerinde bir “Dropout” katmanı eklenmiştir. Son olarak, batch normalizasyonu işlemi ile bu katman da tamamlanmış olmaktadır.

Son olarak bir dense katmanı daha eklenmiştir ve bu katman 3 nörondan oluşur. Bu katmanın aktivasyon fonksiyonu

“softmax” seçilerek modelin ağ yapısı tamamlanmış olur. Tasarlanan modelin eğitim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için Keras ve Tensorflow yapıları (frameworks) kullanılmıştır. Model olarak bir tane ağ yapısını oluşturduğumuz model ve transfer öğrenme metodu kullanılarak farklı modellerin başarımları ile çalışma gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Oluşturulan CNN modelinin ağ katman yapısı

Ağ modelimiz üç ana kısımdan oluşmaktadır. İlk katman giriş katmanı modele eğitim ve tahmin için dışarıdan görüntü bilgisinin verildiği katmandır. İkinci katman ise gizli katman olarak isimlendirilmekte ve verilen görüntünün öznelikleri bu katmanda çıkarılmaktadır. Son olarak, çıkış katmanında ise sınıfın öğrenildiği katman olarak görev yapmaktadır. Şekil 2' de gösterilen modelin dışında başarımları kanıtlanmış olarak ifade edilen modellerin giriş ve gizli katmanları dondurularak sadece çıkış katmanı ağına tekrar düzenlenmesi metodu ile transfer öğrenme gerçekleştirilmektedir. Transfer öğrenme bu başarımları kanıtlanmış modellerin özellik çıkartma katmanını kendi çalışmamızda kullanmamızı sağlamaktadır. Diğer bir fayda ise eğitilebilir parametre sayısının azalması ile eğitim süresi kısalmıştır.

3. Deneysel Sonuçlar

3.1. CNN Model Eğitiminin Sonuçları

Doğruluk model eğitimi sırasında modelin yaptığı doğru tahminlerin doğru ve yanlış tüm tahminlerin toplamına oranıdır. Kayıp ise modelin doğru çıkış değerinden ne kadar farklı tahmin değerinde bulunduğunu gösteren parametredir. Kayıp değeri ne kadar küçük olursa model gerçek değere o kadar yakındır.

Ağımızı bizim oluşturduğumuz model %86,75 doğruluk başarımları göstermiştir. Transfer öğrenme, veri kümesinin yetersiz olduğu durumlarda daha önceden çok büyük veri kümeleri ile eğitilmiş modellerin ağırlıklarını yani özellik çıkartma becerilerini kullanmamıza imkân vermektedir. Ön eğitilmiş modellerden MobileNetV2, DenseNet121, NasnetMobile, Resnet50V2 kullanılarak yazılımsal deneyler gerçekleştirilmiştir. Transfer öğrenmeden faydalanırken kullanılacak önceden eğitilmiş modelin çıkış katmanları model tasarımından çıkarılır ve katmanlar dondurularak üzerine bizim çıkış katmanlarımız eklenir. Eğitim az miktarda eğitilebilir parametre ile gerçekleştirilir. Bu durum, eğitimin daha kısa sürmesinin yanı sıra daha başarılı modeller elde edilmesini sağlamaktadır. İlk olarak, çıkış katmanı için ağ yapısı ile ilgili denemeler yapılmıştır. Çıkış katmanında kullanılan katman sayısı ve nöron sayısı artırıldıkça başarımlar artmaktadır. Ancak eğitilmiş modelin boyutunun çok büyümesi tercih edilmemektedir. Ayrıca, bir noktadan sonra çıkış katmanlarının büyütülmesi iyi yönde değişime sebep olmamaktadır. Tablo 1' de bu durum kolayca görülmektedir.

Tablo 1. Çıkış Katmanına Ağ Büyüklüğünün Etkisi

Model Adı	Eğitilebilir Parametre	Eğitim Başarım	Doğrulama Başarım	Model Boyutu (MB)
	Sayısı	(%)	(%)	
MobileNetV2	395.011	65,06	58,00	12
	593.155	65,34	50,35	14
	2.762.243	65,11	55,03	30
DenseNet121	329.475	73,62	74,74	30
	527.619	73,60	76,22	32
	2.631.171	74,42	73,18	48

Model eğitimi sırasında seçilen optimizasyon algoritmasının, kaç döngü (epoch) sayısında en iyi öğrenme düzeyine ulaşılacağını belirlemede önemli rol oynamaktadır. En iyi başarıma ulaşmak için optimize edici algoritmaların bazıları kayıp (loss) değerini az devir sayısında gürültü oluşturarak düşürebilirken, bazıları da daha fazla devir sayısı ile daha az gürültü oluşturarak düşürebilirler. Ancak bilinmelidir ki devir sayısının fazla olması, başarıyı sürekli yukarı doğru yükselten bir durum oluşturmamaktadır. Bir seviyeden sonra başarıyı düzeyi yatay eğri haline gelecektir.

Yapılan deneylerde farklı optimizasyon algoritmaları denenerek doğruluk ve kayıp değerleri birlikte değerlendirildiğinde “Adam” ve “Rmsprop” optimizasyon algoritmalarının veri kümesi için uygun olduğuna karar verilmiştir.

Transfer öğrenme kullanılırken, modeller arasında ağ yapısının oluşturulması ve parametre sayılarında farklılıklar bulunmaktadır. Genellikle, daha fazla parametreye sahip modellerin daha başarılı olacağı düşünülse de bu durum her zaman geçerli değildir. Tablo 1’den bu durum görülebilmektedir. Modeldeki hesaplanacak parametre sayısının artması, daha fazla işlem gücü gerektirecektir. Geliştirme yapılacak platformların işlem gücü göz önünde bulundurularak seçim yapılmalıdır. Yine, model dosyasının büyüklüğü önem arz etmektedir. Çünkü modelin çalışabilmesi için bulut ortamından veya yerel ortamdan hafızaya yüklenmesi gerekecektir. Büyük boyuttaki model dosyalarının yüklenmesi sistemin başlatılmasında gecikmelere sebep olabilmektedir. Bundan dolayı, küçük dosya boyutuna sahip modeller tercih edilmiştir. Bu çalışmada, veri kümemiz ile yapılan deneylerde ise Tablo 2’deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2: Ön eğitilmiş modellerin karşılaştırılması

Model	Eğitim		Doğrulama		Boyut (MB)
	Doğruluk (%)	Kayıp	Doğruluk (%)	Kayıp	
DenseNet121	0,74	0,62	0,64	0,73	48
NasnetMobile	0,74	0,64	0,70	0,73	39
MobileNetV2	0,80	0,65	0,55	1,14	30
ResNet50V2	0,68	0,74	0,73	0,67	115
EfficientNetB0	0,90	0,26	0,13	0,95	32

Test edilen modellerden sadece “Efficient NetB0” farklı bir ağ yapısına sahiptir. Diğer modeller özellik çıkartma katmanları dondurularak aynı çıkış katmanı ve hiper parametreler kullanılarak eğitimler gerçekleştirilmiştir. Efficient NetB0 modeli en iyi başarıyı göstermektedir. Aşırı öğrenmeyi (overfitting) önlemek için ağda ki bazı nöronların unutulmasını sağlamayan metot olan “drop out” yaklaşımının kullanılmasına rağmen sonuçlarda bir iyileşme olmamıştır. “ResNet50V2” modeli büyük

4. Sonuç

Bu çalışmada, derin öğrenme yaklaşımlarından CNN modeli geliştirilerek, iki farklı uygulamada çalıştırılmıştır. Modelin geliştirilmesi aşamasında iki metot benimsenmiştir. Birincisi, ağ yapısını oluşturduğumuz modelde farklı parametreler ile yapılan denemelerde ağ büyüklüğünün özellik çıkarma konusunda avantaj sağladığı görülmüştür. Yine çıkış katmanı için ağ

dosya boyutuna sahip olmasından dolayı tercih edilmemiştir. Modellerin geliştirilen uygulamalarda çalıştırılabilmesi için dönüştürme işlemleri yapılması gerekmektedir. Bu dönüşümler sonucu hem tarayıcı hemde mobil uygulama için model dönüştürme işlemi sadece MobileNetV2 ile sorunsuz gerçekleştirildiği için uygulamalarda kullanılmak üzere seçilen model olmuştur.

büyüklüğünün artırılması olumlu sonuçlar vermiştir. Modelin geliştirilmesi için benimsenen diğer metot ise transfer öğrenmedir. Transfer öğrenme ile kullanılan başarıları kanıtlanmış modellerin özellik çıkarımı (feature extraction) konusunda başarılı olduğu gözlenmiştir. Hazırlanan farklı çıkış katmanları ile yapılan deneylerde, ağ yapısını oluşturduğumuz modelden daha başarılı olduğu görülmüştür. Geliştirilen tarayıcı eklentisinde modelin depolanmasının, Google Firebase “Storage” bulut

hizmetinde yapılması kullanım ve güncelleme kolaylığı sağlamaktadır. Bu çalışmanın devamı olarak, videoların görüntüden sınıflandırması yapılmadan ilk olarak videonun meta verilerine bakarak bir sınıflandırma işlemi uygulanması ek bir önlem olarak sistemin performansını artıracığı düşünülmektedir.

Kaynakça

- (2021). Kaggle: <https://www.kaggle.com/> adresinden alındı
- (2021). ImageNet: <https://image-net.org/> adresinden alındı
- (2021). COCO: <https://cocodataset.org/> adresinden alındı
- Abu-El-Haija, S., Kothari, N., Lee, J., Natsev, P., Toderici, G., Varadarajan, B., & Vijayanarasimhan, S. (2016, 9 27). *YouTube-8M: A Large-Scale Video Classification Benchmark*. arxiv.org: <https://arxiv.org/abs/1609.08675> adresinden alındı
- Bhatti, M. T., Khan, M. G., Aslam, M., & Fiaz, M. J. (2021, 2 12). Weapon Detection in Real-Time CCTV Videos Using Deep Learning. *IEEE Access*, s. 34366 - 34382. doi:10.1109/ACCESS.2021.3059170
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020, 4 23). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. arxiv.org: <https://arxiv.org/abs/2004.10934> adresinden alındı
- Chen, Y.-L., Chang, C.-L., & Yeh, C.-S. (2017, Eylül). Emotion classification of YouTube videos. *Decision Support Systems*, s. 40-50. doi:10.1016/j.dss.2017.05.014
- Hamman, A. M. (2019). An Extensible, Modular Framework for Classifying YouTube Videos Using Web and Social Media. *2019 IEEE Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR)*. IEEE. doi:10.1109/MIPR.2019.00092
- Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., . . . Adam, H. (2017, 4 17). *MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications*. arxiv.org: <https://arxiv.org/pdf/1704.04861.pdf> adresinden alındı
- Jia, C., Wang, S., Zhang, X., Wang, S., Liu, J., Pu, S., & Ma, S. (2019). Content-Aware Convolutional Neural Network for In-Loop Filtering in High Efficiency Video Coding. *IEEE Transactions on Image Processing*, 3343-3356. doi:10.1109/TIP.2019.2896489
- Jia, Y., Chen, W., Yang, M., Wang, L., Liu, D., & Zhang, Q. (2021). Video smoke detection with domain knowledge and transfer learning from deep convolutional neural networks. *Optik*(240). doi:10.1016/j.ijleo.2021.166947
- Jing, L., Parag, T., Wu, Z., Tian, Y., & Wang, H. (2021). VideoSSL: Semi-Supervised Learning for Video Classification. *Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)* (s. 1110-1119). IEEE/CVF.
- Karpathy, A., Toderici, G., Shetty, S., Leung, T., Sukthankar, R., & Fei-Fei, L. (2014). Large-Scale Video Classification with Convolutional Neural Networks. *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. IEEE. doi:10.1109/CVPR.2014.223
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 436-444. doi:10.1038/nature14539
- Lee, H. (2019). *Cigarette Smoker Detection*. 04 24, 2021 tarihinde <https://www.kaggle.com/vitaminc/cigarette-smoker-detection> adresinden alındı
- Nayak, R., Pati, U. C., & Das, S. K. (2021). A comprehensive review on deep learning-based methods for video anomaly detection. *Image and Vision Computing*. doi:10.1016/j.imavis.2020.104078
- Nouisser, K. (2019). *Alcoholic Drinks*. 04 24, 2021 tarihinde <https://www.kaggle.com/khalilnouisser/alcoholicdrinks5> adresinden alındı
- Nugroho, H. A., Hardiyanto, D., & Adji, T. B. (2015). Negative content filtering for video application. *7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*. IEEE. doi:10.1109/ICITEED.2015.7408912
- Ostrolucky, G. (2020). *Bulk Bing Image Downloader*. 04 24, 2021 tarihinde <https://github.com/ostrolucky/Bulk-Bing-Image-downloader> adresinden alındı
- Panta, F. J., Qodseya, M., & Péninou, A. (2018). Management of Mobile Objects Location for Video Content Filtering. *MoMM2018: Proceedings of the 16th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia* (s. 44-52). New York: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3282353.3282368
- Ramesh, M., & Mahesh, K. (2020). A Performance Analysis of Pre-trained Neural Network and Design of CNN for Sports Video Classification. *International Conference on Communication and Signal Processing*. Chennai: IEEE. doi:10.1109/ICCSP48568.2020.9182113
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2016, 1 6). *Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks*. arxiv.org: <https://arxiv.org/pdf/1506.01497v3.pdf> adresinden alındı
- Sasank, S. (2019). *Guns Object Detection*. 04 24, 2021 tarihinde <https://www.kaggle.com/issaisasank/guns-object-detection> adresinden alındı
- Shaout, A., & Crispi, B. (2020). Streaming Video Classification Using Machine Learning. *The International Arab Journal of Information Technology*, 667-682. doi:10.34028/iajit/17/4A/13
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014, 9 4). *Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition*. arXiv.org: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> adresinden alındı
- Szegedy, C., Ioffe, S., Vanhoucke, V., & Alemi, A. (2016, 2 23). *Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning*. arXiv.org: <https://arxiv.org/abs/1602.07261v2> adresinden alındı
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2015, 12 5). *Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision*. arXiv.org: <https://arxiv.org/abs/1512.00567v3> adresinden alındı
- Wu, Z., Yao, T., Fu, Y., & Jiang, Y.-G. (2017). Deep learning for video classification and captioning. *Frontiers of Multimedia Research*, 3-29. doi:10.1145/3122865.3122867



Object Detection for Safe Working Environments using YOLOv4 Deep Learning Model

Oğuzhan Önal¹, Emre Dandıl^{2*}

¹ Bilecik Seyh Edebali University, Vocational School, Electronic and Automation, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0002-4336-5064)

² Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.951733)

ATIF/REFERENCE: Önal, O. & Dandıl, E. (2021). Object Detection for Safe Working Environments using YOLOv4 Deep Learning Model. *European Journal of Science and Technology*, (26), 343-351.

Abstract

The health and safety of employees in workplaces maintains its importance since the concept of production emerged. Recent developments in computer vision and deep learning have made it widespread to be used in work environments as a secondary tool in ensuring occupational safety from surveillance videos. Thus, an important performance is achieved by minimizing human-induced errors in working environments. In this study, a method based on the YOLOv4 deep learning model is proposed to control the use of personal protective equipment from videos and to detect unsafe movements in the working environments of facilities operating in the field of industrial production. In the study, a dataset is created with videos collected from different working environments. In the study, later, on the prepared video dataset, the detection of personal protective equipment such as helmets, vests, masks, gloves, eyeglasses used by workers in factories operating in industrial areas and whether they use the appropriate equipment correctly is determined using the YOLOv4 framework. In the experimental studies conducted within the scope of the study, the mean average precision (mAP) value is achieved as 91.18% as a result of the training performed in the YOLOv4 network. In addition, results of 0.89, 0.91, 0.90, 70.35 and 1.1147 are obtained for other measurement metrics such as precision, recall, F1-score, intersection over union (IoU), and average loss, respectively. As a result, in the proposed study, instant inspection of the videos collected from the cameras installed in the factories, the meaning of the scene and the control of safe working environments are successfully achieved.

Keywords: Object detection, Safe working environment, Personal protective equipments, Deep learning, YOLOv4.

Güvenli İş Ortamı İçin YOLOv4 Derin Öğrenme Modeli Kullanarak Nesne Tanıma

Öz

İşyerlerinde çalışanların sağlığı ve güvenliği üretim kavramı ortaya çıktığından bu yana önemini korumaktadır. Bilgisayarlı görü ve derin öğrenme konusunda son yıllarda kaydedilen gelişmeler, çalışma ortamlarında gözetim videolarından iş güvenliğinin sağlanmasında ikincil bir araç olarak kullanılmaya başlamıştır. Böylece çalışma ortamlarında insandan kaynaklı hataların minimuma indirilerek önemli bir başarı elde edilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmada, endüstriyel üretim alanında faaliyet gösteren tesislerin çalışma ortamlarında, videolardan kişisel koruyucu donanımların kullanımının denetlenmesi ve güvensiz hareketlerin tespiti için YOLOv4 derin öğrenme modeli tabanlı bir yöntem önerilmektedir. Çalışmada, öncelikle farklı çalışma ortamlarından toplanan videolar ile bir veri seti oluşturulmuştur. Çalışmada daha sonra, hazırlanan video veri seti üzerinde, sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren fabrikalarda işçilerin kullandığı baret, yelek, maske, eldiven, gözlük gibi kişisel koruyucu ekipmanların tanınması ve uygun

* Corresponding Author: Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399), emre.dandil@bilecik.edu.tr

donanımları doğru kullanıp kullanmadıkları YOLOv4 altyapısı kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yürütülen deneysel çalışmalarda, YOLOv4 ağında yapılan eğitim sonucunda mean average precision (mAP) değeri %91.18 olarak başarılmıştır. Ayrıca, diğer ölçüm metrikleri kesinlik, duyarlılık, F1-skoru, kesiştirilmiş bölgeler (IoU) ve ortalama kayıp için sırasıyla 0.89, 0.91, 0.90, 70.35 ve 1.1147 sonuçları elde edilmiştir. Sonuç olarak, önerilen çalışmada, fabrikalarda tesis edilmiş kameralardan gelen videoların anlık olarak denetlenmesi ve sahnenin anlamlandırılması sağlanarak, güvenli çalışma ortamlarının kontrolü başarılı bir şekilde sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nesne tanıma, Güvenli iş ortamı, Kişisel koruyucu ekipmanlar, Derin öğrenme, YOLOv4.

1. Introduction

Today, real-time video monitoring is performed from a large number of cameras in airports, hospitals, kindergartens, traffic, construction, large enterprises, factory environments, in short, in almost all critical areas open to the public. It is necessary to recognize, interpret and make sense of the complex events that occur by viewing the images in these video sequences. Due to the difficulty of observing these videos, systems that can recognize complex scenarios on the basis of semantic models representing monitored situations are needed. Recognition of complex events from surveillance videos obtained from work environments is very important in terms of creating safe working environments and tracking employees.

Ensuring the safety of people is a common and highly demanding task in workplaces due to the dynamic and complex working conditions that exist in working environments. Despite regulatory reforms, laws and efforts by industry associations, and extensive research to address this problem, accidents and fatalities in the workplace remain a worldwide problem (Ceylan & Ceylan, 2012). Occupational health and safety fulfills a fundamental function that contributes to the proper functioning of the productive structures of regions. In addition, occupational health and safety promotes the development of safer work environments and thus helps to stimulate safety policies, social welfare and regional economies (Ruser & Butler, 2010).

Thanks to the understanding and semantic segmentation of videos, important studies are carried out on occupational health and safety (Yu *et al.*, 2020). In a research, it was stated that approximately 90% of all accidents that occur in work environments are caused by unsafe behaviors (Heinrich & Granniss, 1959). Unsafe behavior can occur when an employee does not comply with safety rules, standards, procedures, instructions and specified project criteria. Such actions may adversely affect an employee's performance and / or endanger others in the workplace (Ding *et al.*, 2018). If unsafe behavior in workplaces can be reduced or prevented, safety performance will naturally increase. Traditional methods for determining behavior in work environments are predominantly based on observational methods. While such methods offer useful information, they are time consuming, labor intensive, and subjective in nature. Because of these limitations, computer vision technologies used for object recognition can be applied to identify unsafe actions of employees in the workplace.

In recent years, society has demanded improved mechanisms to prevent occupational hazards. In particular, the industrial sector is a field that needs to be carried out on specific studies. Workers in the industry have to obey certain working rules at the work sites. Compliance and implementation of these safety and health procedures are directly under the responsibility of the employee and the company. The use of protective elements such as helmets, gloves, boots, safety goggles and seat belts is one of the most important rules to be followed in

working environments in a production enterprise. These elements are collectively known as personal protective equipment (PPE).

One of the most important elements of occupational health and safety is the use of PPE. After all the accident prevention measures in practice, PPEs are the only elements in ensuring the safety of the employees. For these reasons, the use of PPEs in workplaces is of great importance. The use of PPEs in industries varies according to the area of study. For example, the use of hard hats (helmet) is not mandatory in some manufacturing enterprises, while it is compulsory in some enterprises. In the some researches, it has been reported that thousands of casualties have occurred in employees without PPE as a result of being hit by falling objects (H. Wu & Zhao, 2018). In another study on the causes and prevention of occupational accidents experienced by technical personnel, it was stated that the accidents are mostly caused by unsafe behavior (Aybek *et al.*, 2003). Therefore, minimizing unsafe behaviors in industries requires uninterrupted and important measures.

In previous studies, it is seen that there are two main ways of using PPEs and detecting unsafe movements. The first and older of these ways is to track employees by placing RFID-like sensors on them and to detect unsafe movements (Kelm *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2012). Second one, because of its high performance in recent years and its ability to work in real time, it is ensured by computer vision that the PPE usage and unsafe movements of the employees can be controlled directly by using computers and cameras (B. H. Guo *et al.*, 2021; Nath *et al.*, 2020). In recent years, studies in the field of computer vision and accordingly developments in this field have increased very rapidly. These developments are reshaping many industrial areas. Computer vision develops widely on subjects such as recognizing and tracking objects, detecting anomalies, activity recognition and video understanding, and is mainly based on deep learning. Computer vision has two basic parameters, namely accuracy and speed (Barro-Torres *et al.*, 2012). The YOLO (You Only Look One) algorithm, which emerged as a deep learning network, has become very popular in real-time object detection because it performs the detection of objects in a single step, unlike previous studies (Redmon *et al.*, 2016).

Another factor that the studies proposed on the use of PPEs can be classified is the study areas where they are applied. Industries are classified according to their hazard rates depending on their working conditions and environments, and the usage patterns of PPEs vary accordingly. There are many studies on the construction industry in previous (Ding *et al.*, 2018; Kelm *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2012; Nath *et al.*, 2020; Nill, 2019). Since this industry is very common and many occupational accidents occur in this area, it is necessary to carry out studies based on new technologies. Another sector in which similar studies are carried out, though not as much as the construction industry, is the production sector. In the production sector, there is a need for work safety studies as much as the construction sector. Occupational accidents, injuries and even

deaths can occur, no matter how many precautions are taken with conventional methods. The reason we distinguish these two sectors from each other in terms of computer vision is the difference in working environments. Production environments are closed environments that contain more objects and require lighting. Therefore, it is difficult to work in these areas in terms of computer vision.

In previous studies, there are many studies in which different methods were used for the use of PPEs for the establishment of a safe work environment. In a 2012 study (Barro-Torres *et al.*, 2012), a system using Zigbee and RFID was proposed to monitor the use of PPEs in real time. However, the equipment for this system has to be specially produced and processed. In a study proposed in 2018 (Ding *et al.*, 2018), computer vision and pattern recognition approaches were applied to identify unsafe behaviors on construction sites. For this purpose, a hybrid model was developed using convolutional neural networks (CNN) and long-short term memory (LSTM). Another study (H. Wu & Zhao, 2018) conducted in 2018 focused on determining whether workers were wearing only helmets and the color of helmets. In the study, a hierarchical support vector machine was created for classification, and a certain accuracy performance was obtained in evaluation. Likewise, in a study conducted in 2019 (J. Wu *et al.*, 2019), it is based on the determination of whether the helmets used are suitable for employees with colors. The single shot multibox detector (SSD) algorithm was used to determine the final detection results, and a significant mAP value was achieved. Another study (Balakreshnan *et al.*, 2020) focused on the conformity determination of PPEs in factories. A combination of cloud-based and artificial intelligence was used to provide a real-time vision-based in-house security system that can detect and record potential security breaches, encourage compliance and ultimately prevent accidents before they happen. In the study, it was stated that the hybrid artificial intelligence architecture approach provides flexibility. In another study in 2021 (Chen & Demachi, 2021), a new solution was proposed to identify the inappropriate use of PPE with a combination of deep learning-based object detection and individual perception using geometric relations analysis by construction workers.

In this study, a YOLOv4 deep learning algorithm-based method is proposed to control the use of PPEs from videos and to detect unsafe movements in industrial production facilities. In the study, it is ensured that the videos coming from the cameras installed in the factories were instantly inspected by YOLOv4 deep learning methods and the scene is recognized meaningful. In the study, a dataset is created with videos collected from different working environments. Within the scope of the study, then, on the video dataset, it is determined whether the workers in the factories operating in the industrial areas are using the appropriate equipment correctly or not using the YOLOv4 deep learning algorithm. The rest of the work is organized as follows. Section 2 introduces the YOLOv4 architecture and processes of image/video dataset pre-processing, including image acquisition, image enhancement, and image dataset preparation. In Section 3, the results and discussion of the findings obtained in the experimental studies within the scope of the study are detailed. In the last Section, the inferences and expectations obtained from the results of the study are explained.

2. Material and Method

2.1. Dataset

The image and video data used in this study were obtained from two different factories named “Kafaoğlu Metal Plastik Makine San. ve Tic. A.Ş.” and “Tek Metal ve Plastik Endüstriyel Mamulleri San. Tic. Ltd. Şti.” operating in Eskisehir Organized Industrial Zone. In order to achieve higher accuracy performance in deep learning algorithms, it is necessary to train the network with many images / videos. For this reason, in order to expand the video / image dataset and accelerate the experimental studies, videos and images in different resolutions were collected from the working environments in Machine Workplace of Vocational School of Bilecik Şeyh Edebali University by using several different cameras at various times. Necessary permissions were obtained from the relevant institutions / organizations for all working environments where data were collected. Sample frames for some of the videos collected for the dataset prepared within the scope of the study are presented in Figure 1.



Figure 1. Sample images from the dataset prepared within the scope of the study

Especially, the biggest problem in terms of computer vision in production areas is lighting. Generally, these areas are constantly illuminated by artificial lighting sources. Therefore, the most accurate angles in terms of illumination were used

e-ISSN: 2148-2683

while obtaining image / video data. A dataset was created for our study by obtaining a total of 2200 images of different sizes from the videos collected from different scenes. The images were selected in a way that they could determine the PPE usage of the

employees. Therefore, the images focused on helmets, protective glasses, gloves, work vests and masks while working.

2.2. Object Labelling in Working Environments

A total of 4000 images were obtained from the videos collected within the scope of the study, with 4 frames per second. 2200 of these images were labeled using the Labeling program, in accordance with the format of the structure of the YOLOv4 algorithm, where the network was trained. The labeling process is done in the form of boxing the object in the

image to determine its position. Accordingly, the x-y coordinates, height and width of the object are determined in the generated label file. The high number of objects in the images caused the labeling process to take a long time. After the labeling process, the classes used in object recognition and detection and the number of objects in the labeled classes are shown in Table 1. The inequality in object numbers here is due to the different classes of objects in the scenes. However, this has helped to determine what effect the differences in the number of objects have on the training of the network.

Table 1. Classes in object detection phase and the number of objects in labeled classes

Class number	Class name	The number of object in class
1	Helmet	1891
2	Glove	3408
3	Protective glass	2295
4	Mask	3214
5	No Helmet	3010
6	No Mask	370
7	Vest	2621

2.2. YOLOv4 Deep Learning Model

YOLOv4 algorithm is a deep learning algorithm published by (Bochkovskiy *et al.*, 2020) in April 2020 and used in object detection. In this study, YOLOv4 algorithm was used for object recognition in working environments. YOLO deep learning algorithm is one of the best proposed algorithms for real-time object detection by improving its speed and performance (Long *et al.*, 2020). Bochkovskiy *et al.* stated that by optimizing the existing YOLO structure, training of the network can be done easily with a single GPU graphics processing card and also high accuracy performance can be achieved with the Tesla V100 graphics card (Bochkovskiy *et al.*, 2020). The block diagram of

the YOLOv4 algorithm is denoted in Figure 2. The block diagram structure in this architecture consists of three sub-layers. Feature extraction is performed in the backbone layer, which is the first layer. As with the YOLOv4 architecture, CSPDarknet53 is used as a backbone in this study. In the second layer, the neck layer, information is extracted from neighboring feature maps with bottom-top and top-down flows in order to achieve higher performance in predicting objects. Spatial pyramid pooling (SPP) and path aggregation network (PAN) are used in this layer (F. Guo *et al.*, 2021). In the last layer, the head layer, there are bounding boxes and the class of each box is estimated. In this layer, the estimation procedure of the YOLOv3 algorithm is used (D. Wu *et al.*, 2020).

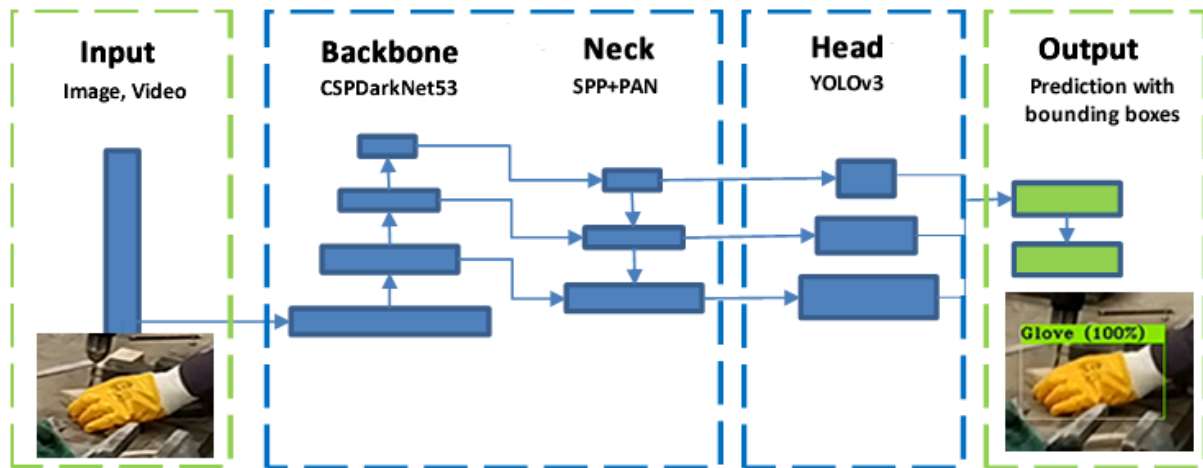


Figure 2. Block diagram of YOLOv4 model used for object detection in this study

3. Results and Discussion

In this study, a workstation with NVIDIA GeForce GTX 1080 double GPU was used for the experimental studies conducted to train the obtained data. In the study, firstly 1000 images were labelled and these images were edited and trained with the YOLOv4 algorithm. Afterwards, the number of the labelled images was increased two more times, and the network was trained a few more times and the required optimum weights were obtained. In this study, the training durations and other information obtained in different trainings performed according

to various parameters of the YOLOv4 network, which is proposed to detect objects in working environments, are given in Table 2. There are many parameters that affect the training duration of the network. The most important parameter in terms of training time is GPU usage and number. The high number of layers the YOLO algorithm has increases the need for powerful hardware. Thus, training without the use of a GPU becomes very difficult. In fact, it is possible to shorten the training times thanks to the use of more than one GPU. In this study, 2 NVIDIA GeForce 1080 GPU were used for training the YOLOv4 network. As can be seen from Table 2, the training

times were compared by running the trainings with a single GPU and double GPU using the same parameters. According to the results, training time is shortened by approximately 30% in double GPU usage. In addition, the size of the image whose

values can be adjusted in the pre-training configuration file shown in this table, Subdivision, Random values and the number of iterations significantly affect both the training time and the mAP value.

Table 2. The proposed YOLOv4 network training parameters and durations for object detection from working environments in this study

Training number	The number of training images	The number of validation images	The number of class	The number of iteration	The number of GPU	Image size (w×h)	Random	Batch size	Subdivisions	Training Duration (min)
1	2670	0	3	6000	1	416x416	0	64	32	423
2	2670	0	3	6000	2	416x416	0	64	32	246
3	888	112	7	15000	2	416x416	0	64	32	845
4	888	112	7	15000	1	416x416	0	64	32	1210
5	888	112	7	15000	2	416x416	0	64	16	605
6	888	112	7	15000	2	416x416	0	64	32	700
7	888	112	7	15000	2	416x416	1	64	32	640
8	1374	148	7	16000	2	608x608	0	64	32	1404
9	2006	203	7	18000	2	416x416	0	64	16	746
10	2000	178	7	14000	1	416x416	1	64	32	1560

For the experimental studies conducted within the scope of this study, Precision (P), Recall (R), F1-score (F1), Average Precision (AP), Mean Average Precision (mAP) and Intersection over Union (IoU) metrics were measured to evaluate the performance of the proposed YOLOv4 network model in object recognition in working environments. These metrics are denoted in Eq. (1), Eq. (2), Eq. (3), Eq. (4), Eq. (5) and Eq. (6), respectively. Precision refers to how many of the values predicted as positives are actually positives. Recall is a metric

that shows how much of the data that have to be predicted as positive is predicted as positive. The F1-score criterion denotes the harmonic mean of the precision and recall scores. The mAP is calculated by mean of the average precision values of the classes. IoU is expressed as the area where two rectangles intersect divided by the area of the union of these two rectangles. In the IoU, B represents the predicted value and B_{gt} the reference value.

$$\text{Precision (P)} = \frac{TP}{TP + FP} \tag{1}$$

$$\text{Recall (R)} = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2}$$

$$\text{F1 - score (F1)} = 2 \times \frac{P \times R}{P + R} \tag{3}$$

$$\text{Average Precision (AP)} = \int_0^1 p(r) \, dr \tag{4}$$

$$\text{Mean Average Precision (mAP)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AP_i \tag{5}$$

$$\text{Intersection over Union (IoU)} = \frac{|B \cap B_{gt}|}{|B \cup B_{gt}|} \tag{6}$$

In this study, the YOLOv4 algorithm used for object detection was trained with different sized datasets, and the performance of the network was measured with a test dataset. The results were compared with mAP, P, R, F1, TP, FP, FN, IoU and Average Loss parameters and the obtained results presented in Table 3. The results in this table were obtained by specifying the 0.5 threshold value for the IoU value in the trainings {3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}. When Table 3 is examined in detail, it is seen that the highest mAP value was obtained in training number 5 with 91.18%. The variation of average loss and mAP values for the number 5 training of the proposed YOLOv4 network is shown in Figure 3. In training number 5 for the YOLOv4 network, the

results of 0.89, 0.91, 0.90, 665, 79, 68, 70.35 and 1.1147 were achieved for the other measurement metrics P, R, F1, TP, FP, FN, IoU and Average Loss, respectively. In this training, YOLOv4 algorithm was trained with a dataset with 888 training and 112 verification images. When this graph is examined in detail, it is observed that the learning process took place quickly until the 4500th iteration, the average loss decreased dramatically, but there was no noticeable improvement after this point. In addition, it is seen that the mAP score became more stable after the 10000th iteration and this determination settled well in the last 2000 iterations.

Table 3. Comparison of performance metric results obtained with the YOLOv4 model for different trainings

Training number	mAP (@0.50)	P	R	F1	TP	FP	FN	IoU	Average Loss
3	85.29	0.76	0.84	0.80	619	196	114	57.15	1.5283
4	86.50	0.80	0.84	0.82	619	155	114	61.0	0.9543
5	91.18	0.89	0.91	0.90	665	79	68	70.35	1.1147
6	83.98	0.79	0.83	0.81	610	161	123	59.88	1.4929
7	90.63	0.89	0.90	0.89	661	84	72	70.54	1.5082
8	83.17	0.79	0.84	0.81	618	169	115	58.10	1.5425
9	76.54	0.68	0.79	0.73	580	269	153	50.36	1.8101

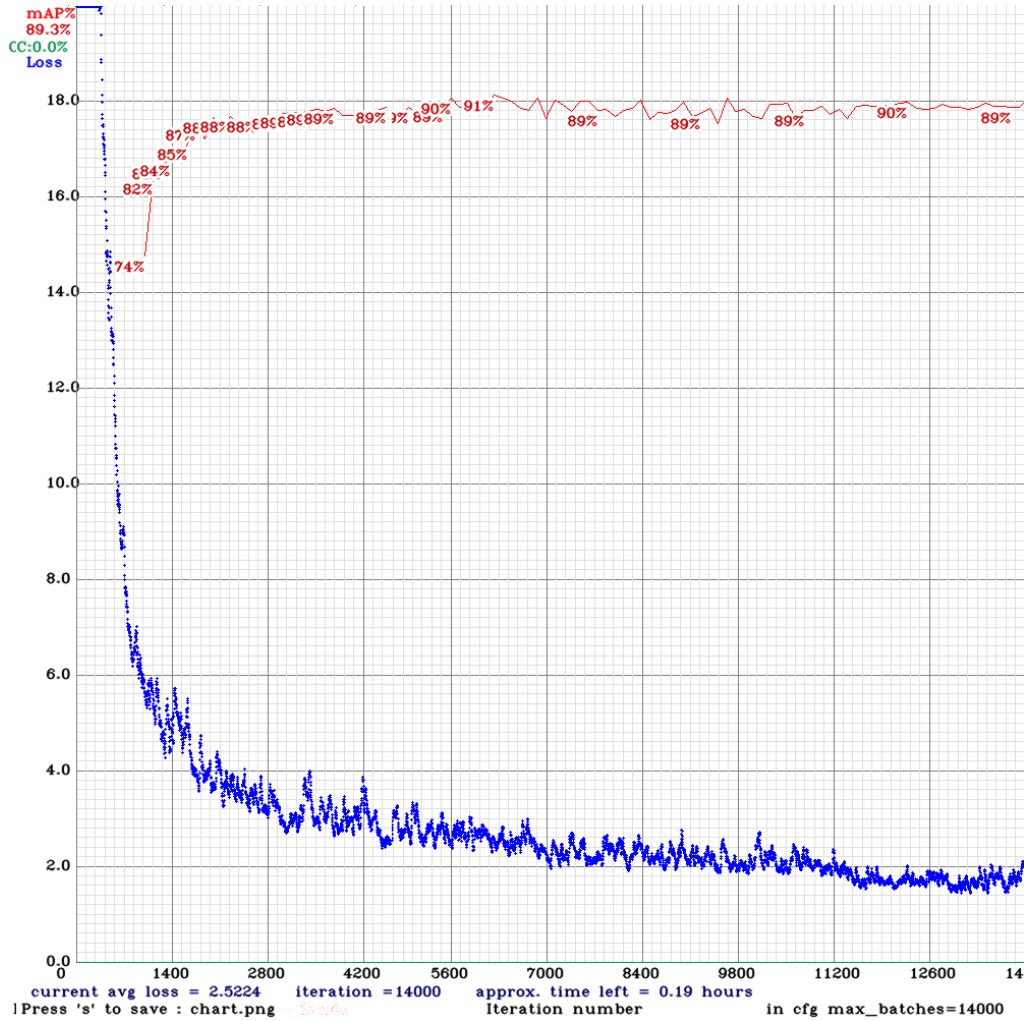


Figure 3. Variation of average loss and mAP scores for training number 5 of the proposed YOLOv4 network according to the number of iterations

Table 4 shows the AP, TP and FP scores obtained in the object recognition process using the YOLOv4 network after training number 5, where the highest mAP score was obtained at 0.50 threshold value for IoU. In addition, the scores achieved for

each of the helmet, glove, protective glasses, mask, no-helmet, no-mask and vest classes can be seen from this table. As can be seen from this table, high performance was achieved in detecting the objects using the proposed YOLOv4 method.

Table 4. AP, TP and FP scores obtained for each class in training number 5 using the proposed YOLOv4 network model

Class name	AP (%)	TP	FP
Helmet	97.62	90	2
Glove	96.80	122	4
Eyeglasses	92.97	61	10
Mask	90.35	115	14
No Helmet	78.71	138	41
No Mask	82.69	18	5
Vest	99.09	121	3

In Figure 4, the visual results obtained in recognizing the objects in the working environments by using the proposed

YOLOv4 algorithm in the frames, not used in the training phase, obtained from a video in the dataset prepared within the scope of

the study. From this figure, it can be seen that the objects in the working environment are detected successfully using the YOLOv4 algorithm and the accuracy rate is marked as the object

label. The images used for the test in this video were not labelled and not included in the training set. These images were obtained using different angles at a different time from the other images.



Figure 4. Object detection in the working environment on video frames using the proposed YOLOV4 model

In Figure 5, visual results of object detection can be seen in a still image obtained from the work environment and not used in the training of the YOLOv4 network. Over 88% accuracy was

achieved in the recognition of all objects except the glove object in work environments.



Figure 5. Object detection using the proposed YOLOv4 architecture in a still image obtained from the workplace environment

The results of the AP, TP and FP scores obtained in the recognition of the objects in the working environment using the YOLOv4 network in the experimental study performed by using the weights formed after the training numbered 5 with a threshold value of 0.75 for IoU are presented in Table 5. As can be seen from this table, the results of measurement metrics

decreases due to the increase of the threshold value for IoU. In this performance measurement where the mAP value is obtained as 53.88%, while the TP values for the object classes decrease, the FP values increase. Here, P, R and F1 scores were measured as 0.62, 0.63 and 0.62, respectively

Table 5. AP, TP and FP scores of each class for the IoU threshold value of 0.75 in training number 5 using YOLOv4 network

Class name	AP (%)	TP	FP
Helmet	81.39	78	14
Glove	55.77	85	41
Eyeglasses	46.59	37	34
Mask	47.57	70	59
No Helmet	31.75	66	113
No Mask	20.69	8	15
Vest	93.43	115	9

4. Conclusions

In this study, object detection was carried out in order to control the use of PPEs of employees in the manufacturing industry and to establish a safe working environment by using the YOLOv4 deep learning model. In this context, the detection and recognition of personal protective equipment such as helmets, vests, masks, gloves, protective glasses in working environments and whether the employees use the appropriate equipment correctly or not were determined using the YOLOv4 framework. Within the scope of the study, a dataset was created using images / videos from “Kafaoğlu Metal Plastik Makine San. ve Tic. A.Ş.”, “Tek Metal ve Plastik Endüstriyel Mamulleri San. Tic. Ltd. Şti.” and “Machine Workplace of Vocational School of Bilecik Şeyh Edebali University”. In order to achieve higher accuracy performance in deep learning algorithms, it is necessary to train the architecture with a lot of images / videos. For this reason, videos and images in different resolutions were collected from the working environments using several different cameras at various times. In the experimental studies conducted within the scope of the study, the YOLOv4 network was trained using different network parameters and different numbers of GPUs, and the performance of the proposed method on video images obtained from similar environments was tested using the weights obtained as a result of the training. As a result of specifying the IoU threshold value as 0.5, the mean average precision (mAP) value reached the highest value as 91.18% as a result of the training performed on the proposed YOLOv4 network. Also, scores of 0.89, 0.91, 0.90, 70.35 and 1.1147 were achieved for P, R, F1, IoU and average loss, respectively. As a result, in the proposed study, the control of safe working environments was successfully achieved by object detection and recognition, by instantaneously inspecting the video streaming from the cameras and understanding of the scene. Within the scope of the study, experimental studies are able to be conducted on object detection and interpretation of video content from real-time videos from the working environments.

Acknowledgements

We would like to thank “Kafaoğlu Metal Plastik Makine San. ve Tic. A.Ş.”, “Tek Metal ve Plastik Endüstriyel Mamulleri San. Tic. Ltd. Şti.” and “Vocational School of Bilecik Şeyh Edebali University” for allowing us to use the image / video data used in this study. In addition, this study is financially supported by the Administration of Scientific Research Projects of Bilecik

Şeyh Edebali University with the project number 2019-02.BŞEÜ.01-03.

References

- Aybek, A., Güvercin, Ö., & Hurşitoğlu, Ç. (2003). Teknik personelin iş kazalarının nedenleri ve önlenmesine yönelik görüşlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(2), 91-100.
- Balakreshnan, B., Richards, G., Nanda, G., Mao, H., Athinarayanan, R., & Zaccaria, J. (2020). PPE Compliance Detection using Artificial Intelligence in Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, 45, 277-282.
- Barro-Torres, S., Fernández-Caramés, T. M., Pérez-Iglesias, H. J., & Escudero, C. J. (2012). Real-time personal protective equipment monitoring system. *Computer Communications*, 36(1), 42-50.
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.
- Ceylan, H., & Ceylan, H. (2012). Analysis of occupational accidents according to the sectors in Turkey. *Gazi University Journal of Science*, 25(4), 909-918.
- Chen, S., & Demachi, K. (2021). Towards on-site hazards identification of improper use of personal protective equipment using deep learning-based geometric relationships and hierarchical scene graph. *Automation in construction*, 125, 103619.
- Ding, L., Fang, W., Luo, H., Love, P. E., Zhong, B., & Ouyang, X. (2018). A deep hybrid learning model to detect unsafe behavior: Integrating convolution neural networks and long short-term memory. *Automation in construction*, 86, 118-124.
- Guo, B. H., Zou, Y., Fang, Y., Goh, Y. M., & Zou, P. X. (2021). Computer vision technologies for safety science and management in construction: A critical review and future research directions. *Safety science*, 135, 105130.
- Guo, F., Qian, Y., & Shi, Y. (2021). Real-time railroad track components inspection based on the improved YOLOv4 framework. *Automation in construction*, 125, 103596.
- Heinrich, H. W., & Granniss, E. (1959). *Industrial Accident Prevention*: McGraw-Hill Book Company.
- Kelm, A., Laußat, L., Meins-Becker, A., Platz, D., Khazae, M. J., Costin, A. M., Helmus, M., & Teizer, J. (2013). Mobile passive Radio Frequency Identification (RFID) portal for automated and rapid control of Personal Protective

- Equipment (PPE) on construction sites. *Automation in construction*, 36, 38-52.
- Lee, H.-S., Lee, K.-P., Park, M., Baek, Y., & Lee, S. (2012). RFID-based real-time locating system for construction safety management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26(3), 366-377.
- Long, X., Deng, K., Wang, G., Zhang, Y., Dang, Q., Gao, Y., Shen, H., Ren, J., Han, S., & Ding, E. (2020). PP-YOLO: An effective and efficient implementation of object detector. *arXiv preprint arXiv:2007.12099*.
- Nath, N. D., Behzadan, A. H., & Paal, S. G. (2020). Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment. *Automation in construction*, 112, 103085.
- Nill, R. J. (2019). How to Select and Use Personal Protective Equipment. *Handbook of Occupational Safety and Health*, 469-494.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). *You only look once: Unified, real-time object detection*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. pp. 779-788.
- Ruser, J., & Butler, R. (2010). *The economics of occupational safety and health*: Now Publishers Inc.
- Wu, D., Lv, S., Jiang, M., & Song, H. (2020). Using channel pruning-based YOLO v4 deep learning algorithm for the real-time and accurate detection of apple flowers in natural environments. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105742.
- Wu, H., & Zhao, J. (2018). An intelligent vision-based approach for helmet identification for work safety. *Computers in Industry*, 100, 267-277.
- Wu, J., Cai, N., Chen, W., Wang, H., & Wang, G. (2019). Automatic detection of hardhats worn by construction personnel: A deep learning approach and benchmark dataset. *Automation in construction*, 106, 102894.
- Yu, W.-D., Liao, H.-C., Hsiao, W.-T., Chang, H.-K., Tsai, C.-K., & Lin, C.-C. (2020). *Automatic Safety Monitoring of Construction Hazard Working Zone: A Semantic Segmentation based Deep Learning Approach*. Paper presented at the Proceedings of the 2020 the 7th International Conference on Automation and Logistics (ICAL). pp. 54-59.



ARM Based Smart Water Meter with LoRa for Soilless Agriculture Application

Caner Baydur¹, Savaş Şahin², Alkım Gökçen³, Bahadır Yeşil⁴

¹ İzmir Kâtip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2605-5635), canerbaydurr@gmail.com

² İzmir Kâtip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2065-6907), sahin.savas@yahoo.com

³ Baylan Ölçü Aletleri Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. Department of Research and Development, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8131-388X), alkim.gokcen@outlook.com

⁴ Baylan Ölçü Aletleri Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. Department of Research and Development, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9622-2593), b.yesil@baylanwatermeters.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.957639)

ATIF/REFERENCE: Baydur, C., Şahin, S., Gökçen, A. & Yeşil, B. (2021). ARM Based Smart Water Meter with LoRa for Soilless Agriculture Application. *European Journal of Science and Technology*, (26), 352-357.

Abstract

The aim of this study is to develop an integrated and micro-controller based electronic circuit which might be used in soilless agriculture and smart greenhouse systems. In this study, a novel soilless agriculture system design is proposed to measure and monitor parameters such as the desired ambient temperature, nutrient solution temperature, solution alkalinity (pH) and conductivity in the greenhouse. In addition to the design, a control mechanism is designed to keep the amount of nutrient solution, which changes over time, stable in the desired ranges. This proposed system consists of two different embedded systems where the necessary parameters are measured, actuators are controlled, and the related input / output pairs are observed. The yield of the nutrient solution in the system is continuously controlled, and the necessary conditions are provided for the growth of the product in the greenhouse. The microcontroller system is responsible for data transmission in the greenhouse, observing the pipes, and to identify possible problems which might be encountered in the corresponding lines. In addition, the embedded system in the field performs the control tasks of the actuators which takes a role in maintaining the temperature inside the greenhouse taking into account the feedback data. LoRa communication is employed to construct a data flow network between embedded systems. For this purpose, a new communication protocol is proposed to be used in soilless agriculture applications. In order to enable the users to observe the whole system in multi-greenhouse systems, a control unit (computer) is positioned over a main greenhouse where the relevant inputs / outputs of the embedded system can be read. The sensor and actuator data are obtained during the studies, the necessary conditions for soilless agriculture are examined, and the results are presented.

Keywords: STM32 Microprocessor, Soilless Agriculture, LoRa Communication, Smart Meter

Topraksız Tarım Uygulaması için LoRa ile ARM Tabanlı Akıllı Su Sayacı

Öz

Bu çalışmanın amacı topraksız tarım yetiştiriciliğinde, akıllı sera sistemlerinde kullanılacak, kablosuz haberleşme modülüne entegre ve mikro-denetleyici tabanlı elektronik kart geliştirmektir. Bu çalışmada, serada istenen ortam sıcaklığı, besin çözelti sıcaklığı, çözelti alkalinitesi (pH) ve iletkenlik gibi parametreleri ölçmek ve izlemek için yeni bir topraksız tarım sistemi tasarımı kullanılmıştır.

¹ Corresponding Author: İzmir Kâtip Celebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2605-5635, canerbaydurr@gmail.com

Tasarımın yanı sıra, zamanla değişen besin çözeltisi miktarını tekrar istenen seviyeye getirmek için bir kontrol mekanizması tasarlanmıştır. Bu sistem, parametre ölçümlerinin alındığı, gerekli eyleyicilerin kontrol edildiği ve ilgili giriş/çıkış çiftlerinin gözlemlendiği iki farklı gömülü sistemden oluşmaktadır. Sistemdeki besin solüsyonunun verimi sürekli kontrol edilerek serada ürünün büyümesi için gerekli koşullar sağlanacaktır. Serada veri aktarımından sorumlu mikrodenetleyici sistemi de boruları gözlemlemek ve ilgili hatlarda karşılaşılabilecek olası sorunları tespit etmekle de görevlendirilmiştir. Ayrıca sahada bulunan gömülü sistem, sera içi sıcaklığın korunmasında rol oynayacak olan havalandırma sistemi ve sıcak hava pompası gibi eyleyicilerin kontrolünü gerçekleştirebilir. LoRa iletişimi, gömülü sistem arasında bir veri akışı ağı oluşturmak için kullanılır. Bu amaçla topraksız tarım uygulamalarında kullanılmak üzere yeni bir iletişim protokolü oluşturulmuştur. Kullanıcıların çoklu sera sistemlerde tüm sistemi gözlemleyebilmesi için, gömülü sistemin ilgili giriş / çıkışlarının okunabileceği bir ana sera üzerine bir kontrol ünitesi (bilgisayar) konumlandırılmıştır. Çalışmalar sırasında elde edilen algılayıcı ve eyleyici verileri toplanmış, topraksız tarım için gerekli şartlar incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: STM32 Mikroişlemci, Topraksız Tarım, LoRa Haberleşme, Akıllı Sayaç

1. Introduction

Agriculture has an important place in the country's economy as it supplies raw materials to the industrial sector, contributes to exports, contributes to national income, contributes to the nutrition of the population and employment (Uzundumlu, A. 2012). Due to the increasing environmental pollution and soil-related problems, soilless agriculture vegetable cultivation in the greenhouse has begun to increase as a solution to traditional soil-based agriculture systems in the world and in our country (Aydoğan & Gül, 1999; Tüzel et al., 2007). Soilless agriculture is becoming widespread today and the follow-up of the nutrient solution required for plant nutrients is an important process and there are varieties such as hydroponic, aquaponic and aeroponic (El-Kazzaz, K.A. and El-Kazzaz, A.A. 2017). It has gained an important value in many countries thanks to keeping the quality of the plant under control, allowing production in areas where the soil is not suitable and keeping the water use under control (Özgümüş & Kaplan, 1992; Sevçican, 2003; Gül, 2008).

Rate of IoT-based automation system employments are increasing in traditional agricultural practices significantly, offer solutions to problems encountered in agriculture and related fields (Ananthi, N., Divya, J., Divya, M., & Janani, V. 2017, April). Efficiency can be increased by adding lighting into the system (Kodali, R. K., Jain, V., & Karagwal, S. 2016, December). In addition, gases in the greenhouse can be monitored using atmospheric sensors (Shirsath, D. O., Kamble, P., Mane, R., Kolap, A., & More, R. S. 2017). The GSM communication system, automated plant irrigation and monitoring system are the examples of technologies used in the agricultural applications (Priya, C. G., Pandu, M. A., & Chandra, B. 2017, April). Fuzzy logic-based control systems are also examples used for greenhouse (Azaza, M., Tanougast, C., Fabrizio, E., & Mami, A. 2016). In order to find solutions to the problems encountered in traditional agriculture and soilless agriculture, solutions have been sought using today's technological infrastructure and there are new solutions to make the systems more convenient.

In this study, there are 2 modules, one of which is inside the greenhouse. The module inside the greenhouse transmits values such as pH, conductivity, ambient temperature, and nutrient solution temperature to the meters in the tank system where the nutrient solution is located and allows the values to be monitored. In addition, it enables new nutrient solution to be added to the system when the specified interval in the nutrient solution is exceeded. An interface over MATLAB has been designed to monitor data in the system. Since energy is important for the module used in the field, the module goes into sleep mode to consume low power after the required values are sent. For the module in the field, when the temperature values decrease, the

pump that delivers hot air can be operated to increase the temperature thanks to the relays, or the ventilation system can be opened to reduce the temperature when the temperature increases. The graph of the change of nutrient solution values was obtained as a result of the experiment. By using LoRa technology in soilless agriculture applications, the greenhouse system becomes more intelligent. A more economical solution is brought to the costly applications used in soilless agriculture applications and offers a more flexible system of availability. In addition, data will increase with the increase in the number of greenhouses or the number of modules. A new protocol is designed to ensure communication between greenhouses and the total capacity of the modules is 64 bytes.

The rest of the paper is organized as follows: In Section 2, the sensor, actuator, relay, motor, ARM based micro-controller and LoRa module used in the system are mentioned. In Section 3, results are given. Conclusions and recommendations of the study are indicated in Section 4.

2. Material and Method

The overall system consists of greenhouse temperature sensor, nutrient solution temperature sensor, pH sensor, conductivity sensor, 2 relays for ventilation and temperature pump, STM32L4 microprocessor and LoRa modules which construct the communication background. The proposed system is established in order to monitor and control the nutrient solution in the system by establishing a smart control system in soilless agriculture.

2.1. Peripheral Units

Temperature sensor has an internal structure similar to the working principle of the thermistor. With the change of temperature, the resistance also changes. The temperature calculated in Kelvin is used by converting to degrees Celsius. There is a 4.7k resistor on the circuit and the resistance falling on the sensor can be calculated with the voltage divider. Its measurement range is $-55^{\circ}\text{C} \sim 315^{\circ}\text{C}$. Supports 3 ~ 5V wide voltage input.

The temperature sensor is used to measure the properties of conductor and semiconductor resistance parameters such as temperature change, thermal resistance, temperature. It can measure precisely at high temperatures. The measurement range is $-50^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$, and sensor supports 3 ~ 5V wide voltage supply. It is widely used in industrial applications. It has been used in the measurement of nutrient solution due to its waterproof

feature. The conductivity sensor can be used to measure the electrical conductivity of the aqueous solution and assess water quality, which is frequently used in aquaculture and environmental water sensing and/or related fields. The desired values are obtained by computing the voltage drop rates on voltage divider circuit.

It is important for the development of the plant that the product to be produced in soilless agriculture remains within the specified pH ranges (Domingues, D. S., Takahashi, H. W., Camara, C. A., & Nixdorf, S. L. 2012). The pH sensor in Fig. 1 measures the hydrogen-ion concentration in the nutrient solution. This device determines whether the nutrient solution is acidic or basic. BNC connector, which constructs the physical connection between sensor and solution, is used as a measurement probe. Measurement pH range is 0 ~ 14, and sensor supports 5V voltage supply input. It has adjustable linear calibration gain potentiometer. Operating temperature range 0 ° C ~ 60 ° C with a measurement sensitivity 0.1 pH (25C).



Fig. 1. Diymore Analog pH Sensor

Relay in Fig. 2 is employed to control motors by an on/off process. It has maximum switching voltage of 250 V AC and rated carrying current up to 120 A. The relay is turned on and off by turning the motor located inside. It maintains either contact position indefinitely without power applied to the motor. This motor rotation-based structure prevents the magnetic disturbance effects on switching process. Thus, a motor driver circuit is designed and employed to drive the relay motor.



Fig. 2. Relay for Ventilation and Heating

The water and/or solution flow might be interrupted under necessary conditions by employing a valve. This valve operation voltage is 3Volts with a working temperature range between -10 ° C ~ 60 ° C. Rotation direction might be determined according to the polarity of the supply voltage, and position of the shaft is determined by considering the states of the internal switches.

The solution supply is employed to control the nutrient solution pH and EC parameters which effects the feeding process.

If 2 ml a solution and 2ml b solution are mixed in 1 liter of water, the EC value of the water increases by 2.2 mS / cm. A solution has 10.3% total nitrogen (N), 1.6% ammonium nitrogen (NH₄), 8.7% nitrate nitrogen (NO₃), 7.5% water-soluble potassium oxide (K₂O), 8.6% calcium (Ca), 0.3% iron dtpa (Fe). B solution has 2.1% total nitrogen (N), 2.1% nitrate nitrogen (NO₃), 6.4% water soluble phosphorus pentoxide (P₂O₅), 11.6% water soluble potassium oxide (K₂O), 1%, It contains 6 magnesium (Mg), 0.1% manganese (Mn), 0.1% zinc (Zn), 0.03% Boron (B), 0.003% copper (Cu), 0.004% molybdenum (Mo).

The STM32 L476RG Nucleo board in Fig. 3a provides an affordable and flexible way for users to create trials and prototypes by choosing from a variety of performance, power consumption and feature combinations. The SX1276MB1MAS in Fig. 3b is employed together with the microcontroller board for communication process, and which has ISM frequency bands at 433MHz and 868MHz for use in China and Europe respectively. Thus, data monitoring process might be performed, and process control related parameter measurements might be transmitted to corresponding microcontroller units.

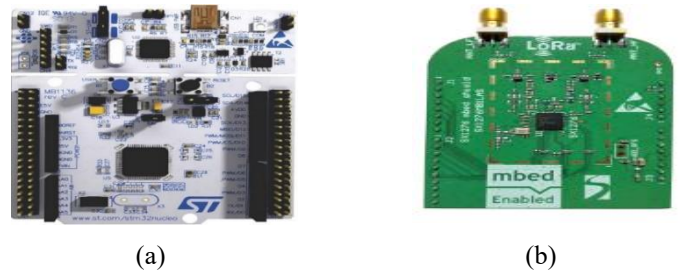


Fig. 3. Micro-controller and Communication Module (LoRa)

2.2. Proposed Soilless Agriculture System

Communication algorithm of LoRa modules is given in Fig. 4. Sensors are added to the system after they are first calibrated. The STM32L4 microcontroller wakes up and collects data from the sensors. It sends the data to the meters with the LoRa module. LoRa uses 868 MHz frequency as required by European standards and uses the previously created protocol while broadcasting. Data is sent to the meters every hour and it is checked whether the data is within predetermined intervals. According to the results, the meters are opened or not. Finally, it is sent to the computer to track the data.

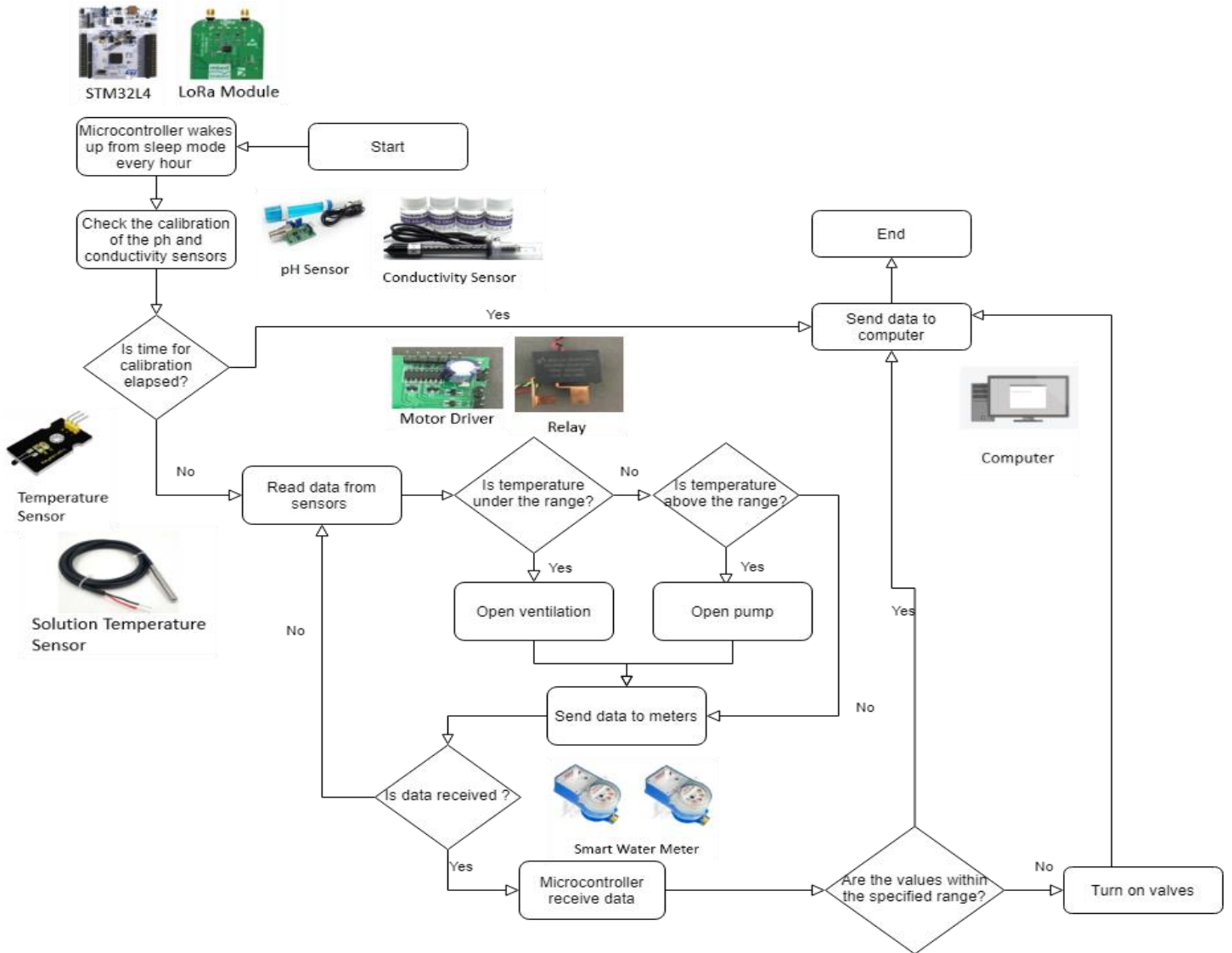


Fig. 4. Flowchart of The System

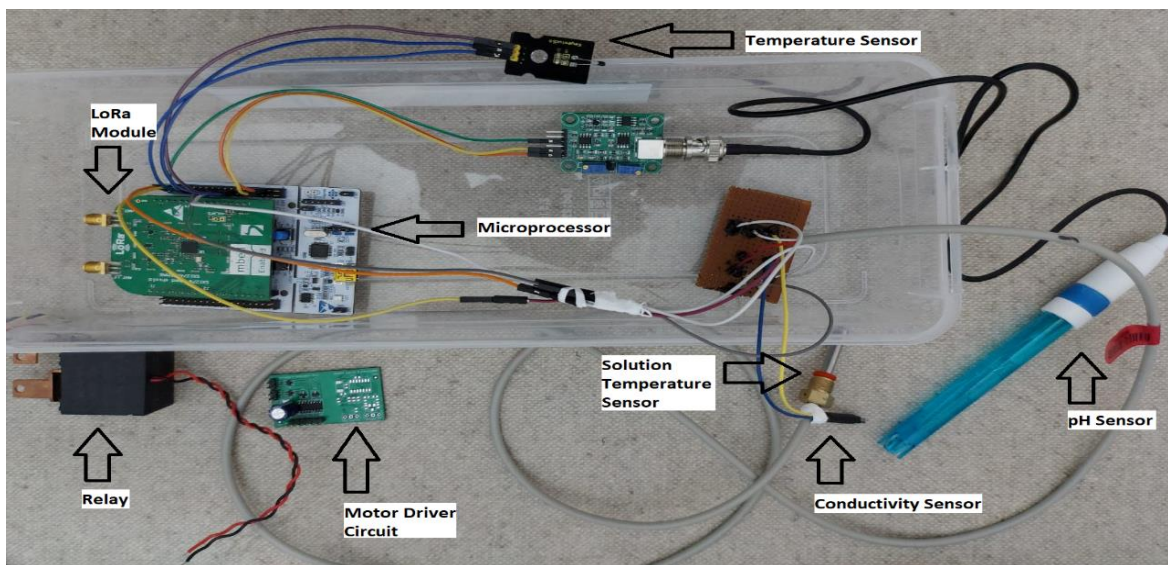
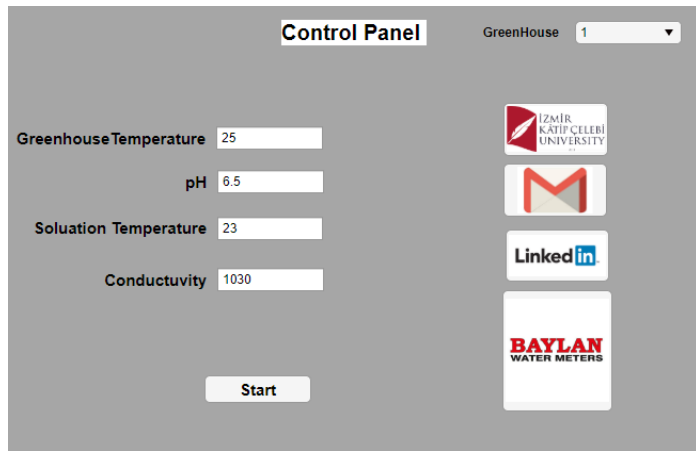


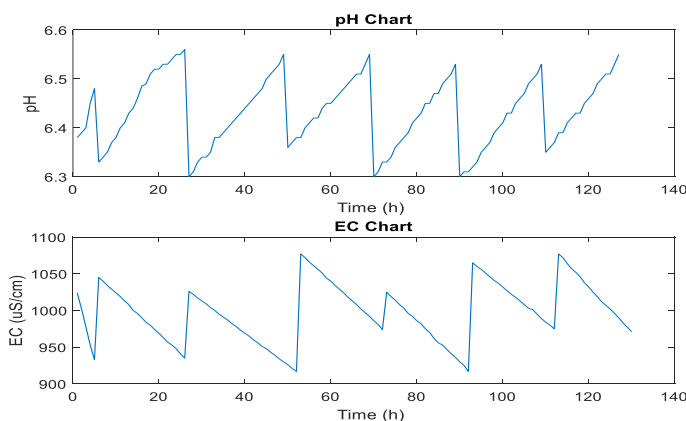
Fig. 5. System Overview

3. Results and Discussion

Lettuce is chosen to grow in the proposed system, and it is purposed to keep the nutrient solution specific parameters in the desired range. The sampling period of the necessary parameters is one hour. The required pH range for lettuce is 6-7, and the EC range is 800-1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. There are 4 sensors, which read sensor measurements, connected to the module in the greenhouse. These sensors send values such as pH of the nutrient solution, conductivity, nutrient solution temperature and greenhouse temperature to the microcontroller. The microcontroller controls the temperature parameters and there are 2 relays that operate the hot air pump and / or ventilation system when the temperature parameters exceed the specified ranges. The microcontroller transmits the data to the meters with the LoRa module. Data are checked in meters and valves are opened if pH and conductivity exceed specified values. The data are transmitted to the computer via UART for monitoring. It can be viewed through an interface made in the MATLAB application designer in Fig. 6a. In cases where the module in the greenhouse will work with battery, it switches to sleep mode after sending data every hour to save energy. Through its low power consumption, it can continue to send data for a long time. In addition, a novel protocol is designed to be used in soilless agriculture systems. As it might be seen in Fig. 6b the change of pH and EC might be observed and parameters changes do not exceed the specified ranges, and the continuity of the desired nutrient solution is ensured. Also, lettuce rooting and growth, with the proposed system, in healthy way might be observed in the Fig. 7.



(a)



(b)

Fig.6. (a) Main Interface, and (b) Hourly Nutrient Solution Data



Fig.7. Greenhouse Grown Lettuce

4. Conclusions and Recommendations

In this study, an alternative design to the systems used in traditional greenhouse agriculture and soilless agriculture is employed and tested. For the plant grown in soilless agriculture, the nutrient solution should be controlled and monitored precisely. This requirement is provided with LoRa module which is connected to ARM-based microcontroller unit. The data received from the module in the field are transmitted to the meters and in this way, nutrient solution is to be controlled in the desired ranges. In addition, as understood from the results of the designed system, the communication protocol can be used successfully in these systems. The necessary parameter measurements obtained from the system is monitored on a main computer. The design specifications are explained, and both implementation conditions are indicated. A lettuce growing application is performed, details of the procedure are explained, and results are presented. Results indicates that proposed system showed a sufficient performance on both process control and communication tasks. Also, a lettuce is successfully grown in the research period. In the future directions, a machine learning based method might be employed to analyze and construct the relation between nutrient solution parameters and growth.

5. Acknowledge

This work is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209B-Bachelor Final Thesis Focused on Industry Program with Project number 1139B412000905.

References

Ananthi, N., Divya, J., Divya, M., & Janani, V. (2017, April). IoT based smart soil monitoring system for agricultural production. In 2017 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR) (pp. 209-214). IEEE.

- Aydoğan, N.G., Gül, A., 1999. Topraksız kavun yetiştiriciliğinde torba özelliklerinin bitki gelişimi ve verime etkileri. Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 343-347.
- Azaza, M., Tanougast, C., Fabrizio, E., & Mami, A. (2016). Smart greenhouse fuzzy logic based control system enhanced with wireless data monitoring. *ISA transactions*, 61, 297-307.
- Domingues, D. S., Takahashi, H. W., Camara, C. A., & Nixdorf, S. L. (2012). Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Computers and electronics in agriculture*, 84, 53-61.
- El-Kazzaz, K. A., & El-Kazzaz, A. A. (2017). Soilless agriculture a new and advanced method for agriculture development: an introduction. *Agri Res Tech*, 3, 63-72.
- Gül, A., 2008. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık, 144s.
- Kodali, R. K., Jain, V., & Karagwal, S. (2016, December). IoT based smart greenhouse. In *2016 IEEE region 10 humanitarian technology conference (R10-HTC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Priya, C. G., Pandu, M. A., & Chandra, B. (2017, April). Automatic plant monitoring and controlling system over GSM using sensors. In *2017 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)* (pp. 173-176). IEEE.
- Sevgican, A., 2003. Örtüaltı Sebzeçiliđi (Topraksız Tarım) Genişletilmiş 2. basım Cilt II, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 526, Ege Üniversitesi. Basımevi, Bornova-İzmir.
- Shirsath, D. O., Kamble, P., Mane, R., Kolap, A., & More, R. S. (2017). IoT based smart greenhouse automation using Arduino. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 5(2), 234-238.
- Uzundumlu, A. S. (2012). Tarım sektörünün ülke ekonomisindeki yeri ve önemi. *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, 22(1), 34-44.



Deep Reinforcement Learning Based Controller Design for Model of The Vertical Take-off and Landing System

Mahmut Ağralı^{1*}, Mehmet Uğur Soydemir¹, Alkım Gökçen¹, Savaş Şahin¹

¹ İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Türkiye
mahmutagrali4209@gmail.com, soydemirmehmetugur@gmail.com, alkim.gokcen@outlook.com, sahin.savas@yahoo.com
(ORCID: 0000-0002-5508-2854, 0000-0002-2327-1642, 0000-0002-8131-388X, 0000-0003-2065-6907)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.957216)

ATIF/REFERENCE: Ağralı, M., Soydemir, M. U., Gökçen, A. & Şahin, S. (2021). Deep Reinforcement Learning Based Controller Design for Model of The Vertical Take-off and Landing System. *European Journal of Science and Technology*, (26), 358-363.

Abstract

In this study, the Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) algorithm, which consists of a combination of artificial neural networks and reinforcement learning, was applied to the Vertical Takeoff and Landing (VTOL) system model in order to control the pitch angle. This algorithm was selected because conventional control algorithms such as Proportional-Integral-Derivative (PID) controllers which cannot always generate a suitable control signal eliminating the disturbance and unwanted environment effects on the considered system. In order to control the system, training was carried out for a sinusoidal reference in the mathematical model of the VTOL system in the Simulink environment, through the DDPG algorithm with continuous action space from deep reinforcement learning methods that can produce control action values that take the structure that can maximize the reward according to a determined reward function for the purpose of control and the generalization ability of artificial neural networks. For sinusoidal reference and a constant reference, tracking error performances obtained for the pitch angle, which is the output for the specified VTOL system, were compared with the conventional PID controller performance in terms of mean square error, integral square error, integral absolute error, percentage overshoot and settling time. The obtained results are presented via the simulations studies.

Keywords: Reinforcement Learning, DDPG, PID, VTOL.

Dikey Kalkış ve İniş Sistemi Modeli için Derin Pekiştirmeli Öğrenme Tabanlı Kontrolör Tasarımı

Öz

Bu çalışmada, yapay sinir ağları ve pekiştirmeli öğrenmenin birleşiminden oluşan Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) derin pekiştirme öğrenme algoritması Dikey Kalkış ve İniş (VTOL) sistemi modeline yunuslama (pitch) açısını kontrol edebilme amacıyla uygulanmıştır. Bu algoritma, Oransal-İntegral-Türevsel (PID) kontrolör gibi geleneksel kontrol algoritmaları için en uygun kontrolör katsayıları bulunsa dahi kontrol edilecek sistem üzerindeki bozucu etki ve istenmeyen ortam etkilerini elimine edebilecek kontrol sinyali üretememelerinden dolayı seçilmiştir. Belirtilen bu problemi çözebilmek için kontrol amacına yönelik belirlenen bir ödül fonksiyonuna göre ödülü maksimize edebilecek yapısı ve yapay sinir ağlarının genelleştirme yeteneğini arkasına alan kontrol aksiyon değerleri üretebilen derin pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinden sürekli eylem uzayına sahip DDPG algoritmasının, Simulink ortamında VTOL sisteminin matematiksel modelinde sinüzoidal bir referans için eğitimi gerçekleştirilmiştir. Belirtilen VTOL sistemi için çıkış olan yunuslama açısının, DDPG algoritması için sinusoidal ve sabit referans için elde edilen izleme başarımları, geleneksel PID kontrolör algoritmasının izleme başarımları ile ortalama kare hatası, integral kare hatası, integral mutlak hatası, yüzde aşım ve oturma zamanı cinsinden karşılaştırılmıştır ve edinilen sonuçlar simülasyon çalışmaları ile sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pekiştirmeli Öğrenme, DDPG, PID, VTOL.

* Corresponding Author: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5508-2854, mahmutagrali4209@gmail.com

1. Introduction

Deep reinforcement learning (DRL) based algorithms are commonly used methods in the field of controller system design due to their generalization ability, and performance against the possible disturbance effects (Lillicrap et al., 2015). DRL based controller design has a significant role on flow, speed, temperature, position, and process control applications (Rabault et al., 2019; Chen et al., 2018; Brandi et al., 2020; Satheeshbabu et al., 2019; Spielberg et al., 2017). The DRL algorithms consider the environment and agent action pairs to compute a control signal which maximize a pre-determined reward function over a policy (Sutton and Barto, 2018; Buşoniu et al., 2018). For the reinforcement learning based controllers, a Q learning based adaptive method, which considers model states, is employed to compute optimal Proportional-Integral-Derivative (PID) controller gains for a nonlinear cart-pole plant (Shi et al., 2018). Rahman et al. employed both Q learning and deep Q learning (DQN) based controller methods to control a self-balancing robot model, compared the results considering the reference trackings, and evaluated the reward scaling factor selection effects on cumulative reward (Rahman et al., 2018). Markov decision process (MDP) based Fitted Value Iteration (FVI) controller method, which considers quadratic state terms, is employed for an altitude control process of unmanned aerial vehicles (UAVs) (Bou-Ammar et al., 2010). Qin et al. experimented with the reverse pendulum system by determining the constant parameters of conventional control methods such as PID through the DDPG-based reinforced learning algorithm (Qin et al., 2018). Hu et al. have designed DDPG-based controller to control its pressure of Variable Geometry turbocharger system and compared the performances of the conventional PID controller and the designed controller (Hu et al., 2019). Hossny et al. compared the performance of the proposed method using a parameterized tanh activation function instead of the normal tanh activation function in the artificial neural network to the performance of the unparameterized tanh activation function on DDPG algorithm in bipedal walk, lunar lander and reverse pendulum problems by testing (Hossny et al., 2020). Parvaresh et al. proposed a controller to control the pitch angle of the variable-speed wind turbine by using a DDPG based nonlinear integral backstepping algorithm and tested the controller on the different scenarios (Parvaresh et al., 2020).

In the study, Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) controller algorithm is employed for tracking control of the vertical take-off and landing (VTOL) system model pitch angle. The system model is implemented on MATLAB/Simulink environment. DDPG-based controller parameters and working conditions are determined for the simulation process. DDPG agent is trained in each randomly initialized episode for a sinusoidal reference signal. Control process is repeated for sinusoidal and constant reference signals. Mean-squared-error (MSE), Integral-Squared-Error (ISE), Integral-Absolute-Error (IAE) and time measures of transient parts are computed to

analyze both reference tracking performance and closed-loop system dynamics. The conventional PID controller algorithm is employed to evaluate the performance of the proposed DDPG based controller algorithm.

The rest of the article is as follows: In the Section 2, the mathematical background of the model of the VTOL system, model parameters and the DDPG algorithm are explained. Section 3 presents the implementation conditions, hyperparameter selection, and simulation scenario details. Herein, performance evaluation metrics of the simulations are explained, and simulation results for both PID and proposed method-based controller system are presented. Conclusions and possible future directions of the study are given in Section 4.

2. Material and Method

In this part of the study, the mathematical model and parameters of the VTOL system and control algorithm are explained.

2.1. VTOL System Model

The VTOL mechanism shown as a free body diagram in Fig. 1 is a useful tool used to show the basics of aircraft such as quadcopters, helicopters and rockets. Flight dynamics can be examined using it and vertical take off and landing control can be provided. The VTOL system consists of a weight that can be relocated and a dc motor fan that can change speed (Junejo et al., 2020; Quanser, 2011). The transfer function of the VTOL system is shown in Eq.1.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{3.11}{s^2 + 0.576s + 10.7} \quad (1)$$

where $Y(s)$ refers to the θ angle variable which is the output of the system and $U(s)$ refers to the voltage variable that is the input of the system. The parameters, values, and units considered in the extraction of the transfer function of the VTOL system are shown in Table 1 (Quanser, 2011).

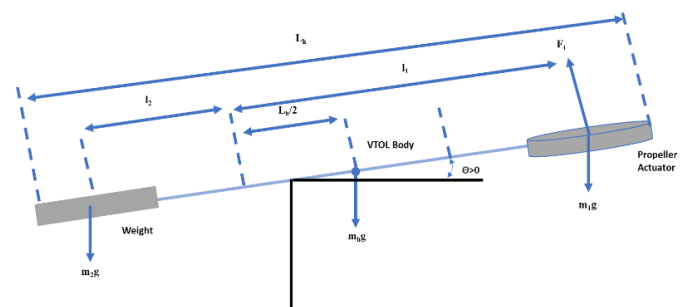


Fig. 1. The Free Body Diagram of the VTOL System

Table 1. The VTOL System Parameters

Parameter	Symbol	Value	Unit
Equilibrium Current	I_{eq}	1.0	A
Torque-thrust Constant	K_t	0.0226	(Nm)/A
Moment of Inertia	J	0.0035	kgm ²
Viscous Damping	B	0.002	(Nms)/rad
Natural Frequency	ω_n	2.52	rad
Stiffness	K	0.022	(Nm)/rad
Measured Torque-thrust Constant	K_{tid}	0.01	(Nm)/A
Measured Viscous Damping	B_{id}	0.006	(Nms)/rad
Measured Stiffness	K_{id}	0.015	(Nm)/rad
Length of the setup	L_h	0.3	m

2.2. Deep Deterministic Policy Gradient

DDPG is a model-free, off-policy, actor-critic type deep reinforcement learning algorithm (Lillicrap et al., 2015). Model-free structure directly provides to use experiences which are obtained in an environment ϵ without needing to find estimates of them while off-policy nature means that estimate of optimal policy is different from behavior policy which is used to choose actions. Actor-critic type can be considered as value-based and policy-based, so this type of algorithm uses both a value function and a policy function. DDPG algorithm includes 4 network which are $Q(s, a|\theta^Q)$ function as a network (critic), $\mu(s|\theta^\mu)$ is a deterministic policy function (actor) which denotes current policy and it directly provides a mapping from observations to action, Q' is target Q network and μ' is target μ network shown in Fig. 3. Considering the Eq. 2, $Q(s', a')$ is dependent to Q function while Q is being updated according to Eq. 2 (Bellman equation)

$$Q_{new}(s, a) = Q(s, a) + \alpha(R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a)) \quad (2)$$

so, this will make divergence problem, where, $Q_{new}(s, a)$ is new Q function, $Q(s, a)$ is the current Q function, $\max_{a'} Q(s', a')$ is the maximum expected future reward, $R(s, a)$ is the reward which is taken after applying to action in state s , α is the learning rate, γ is the discount rate. This problem is solved by using target networks which are delayed copies of actual networks in terms of time. Algorithm is given as follows: critic $Q(s, a|\theta^Q)$ network with weights θ^Q , actor $\mu(s|\theta^\mu)$ network with weights θ^μ are initialized. Then, target networks Q' and μ' are initialized with same weights in their actual counterparts. This target Q' and μ' networks are related to training stability. Their predicted values are used in the Bellman equation instead of $Q(s', a')$ to train (update) main Q network (value function). As a technique known experience replay is constructed as experiences $e_t = (s_t, a_t, r_t, s_{t+1})$ tuple at a time t step where s_t are observations (states) at time t , a_t is action at time t , r_t is reward at time t , s_{t+1} are observations at time $t + 1$ are stored in $R = e_1, e_2, \dots, e_N$ dataset which is known as replay memory. Replay memory (R) and capacity N of replay memory are initialized. In each episode, a random process N is initialized for exploration purpose so unlike discrete action space (algorithms

in discrete action space realize exploration using Boltzman distribution or epsilon-greedy algorithm), exploration is provided to adding a noise (N) to policy function $\mu(s|\theta^\mu)$ for continuous action space. Generally, random process N is Ornstein-Uhlenbeck Process. After initializing random process N , initial observations are obtained. For each time step t , action at t is selected according to $a_t = \mu(s|\theta^\mu) + N$. Then, action is applied to environment in s_t , observations s_{t+1} , and reward r_t are obtained. Then, experience $e_t = (s_t, a_t, r_t, s_{t+1})$ is stored in *replay memory* R . Next, a random mini batch is extracted from R (so data correlations are reduced) and size of this random mini batch M is defined by user. For every i th experience in minibatch, $target_i = r_i + \gamma Q'(s_{i+1}, \mu'(s_{i+1}|\theta^{\mu'}))|\theta^{Q'}$ is calculated, loss function $L = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (target_i - Q(s_i, a_i)|\theta^Q)^2$ is minimized with respect to θ^Q parameters and $Q(s, a|\theta^Q)$ is updated. Then, $\nabla_{\theta^\mu} J \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \nabla_a Q(s, a|\theta^Q)|_{s=s_i, a=\mu(s_i)} \nabla_{\theta^\mu} \mu(s|\theta^\mu)|_{s_i}$ sampled policy gradient is used for updating the policy $\mu(s|\theta^\mu)$. Main networks parameters θ^Q , θ^μ and target networks parameters $\theta^{Q'}$ and $\theta^{\mu'}$ are synchronized (equality of parameters of both network) for every C steps (periodically) which is a parameter defined by user or target network parameters can be updated using one of another target update methods (Lillicrap et al., 2015; Sutton and Barto, 2018). When the reinforcement learning algorithm is implemented in control systems, a policy, and an environment corresponds the controller, all things excluding the controller, respectively (Fig. 2). Observation(s), action, reward denote measured variable(s) (system states, output tracking error), control signal, a function which is for control purpose(s) (tracking error dependent function).

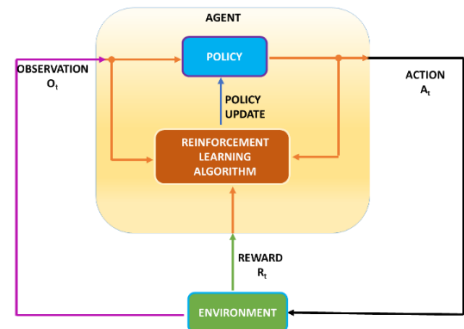


Fig. 2. The reinforcement learning controller structure for a system in an environment

3. Results and Discussion

The DDPG as control algorithm was implemented at MATLAB/Simulink simulation software environment by using the Reinforcement Learning Toolbox and The Deep Learning Toolbox. The controller algorithms and mathematical model of VTOL system are run with personal computer having Intel Core i7-8750 CPU 2.2GHz microprocessor, GeForce RTX 2070 as GPU, 32 GB of RAM, and Windows 10 operating system.

The observations for DDPG were selected as tracking error of VTOL's pitch angle, time derivative of pitch angle and the reward function was determined as $r(t) = -10e^2(t)$, where $e(t)$ is tracking error of pitch angle so best possible reward is 0 according to reward function. Continuous action space was chosen as interval [-6, 6]. Critic network and actor network structures were created as in Fig.3. The determined hyper parameters of the DDPG based control algorithm are given in the Table 2.

Table 2. The Hyper Parameters of the DDPG algorithm

Hyper Parameters	Value of Hyper Parameters
Learning rate (for the critic network $Q(s, a \theta^Q)$)	$1e-3$
Learning rate (for the actor network $\mu(s \theta^\mu)$)	$1e-04$
Gradient threshold	1
DDPG Agent sample time in terms of seconds	0.01
Experience buffer length (N)	$1e6$
Discount factor (γ)	0.99
Mini batch size (M)	128
Training device	GeForce RTX 2070 as gpu

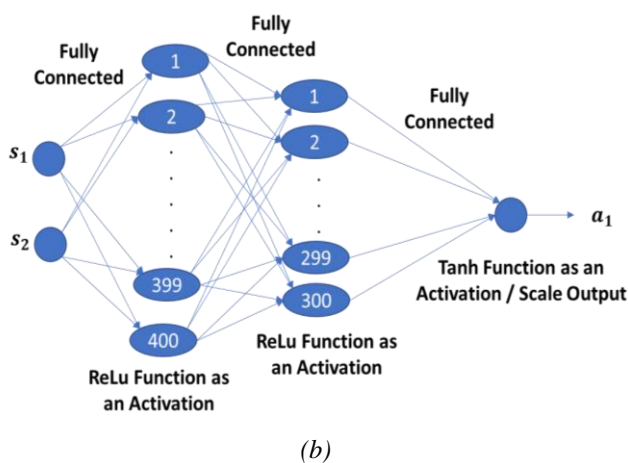
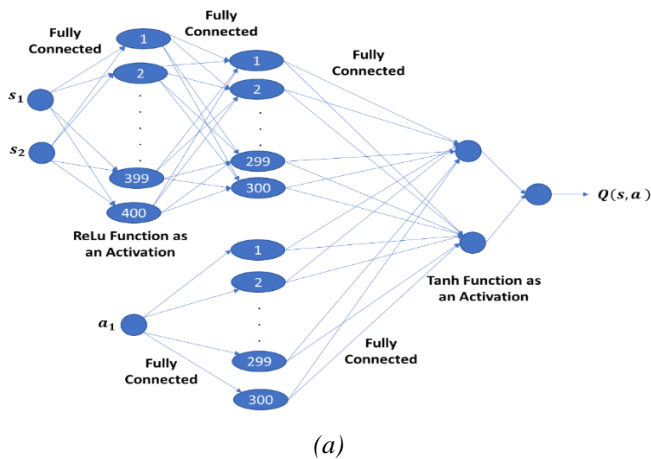
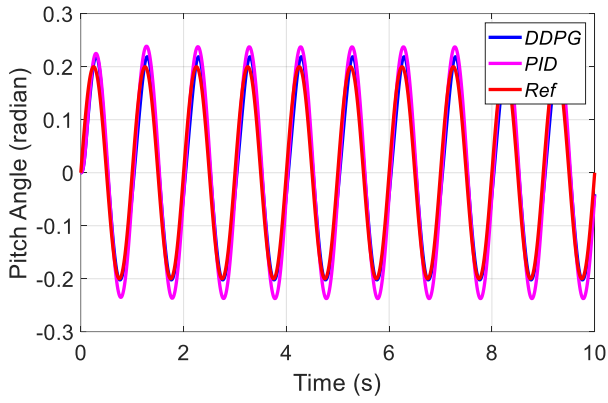
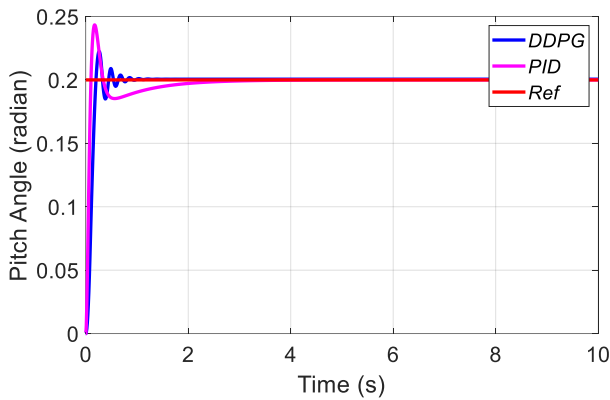


Fig. 3. The critic network structure $Q(s, a)$ (a) and actor network structure $\mu(s)$ (b)

14 hours after training of DDPG algorithm for sinusoidal reference $0.2\sin(2\pi)$ was started, the most suitable agent for the control purpose has been observed in the end of 701st episode which has a reward -11. For this reinforcement agent, the 10 seconds responses of the sinusoidal and constant signals for the desired pitch angle of the VTOL system by using the PID and DDPG based control algorithm were shown in the Fig.4a and Fig.4b, respectively. The PID controller parameters are tuned by MATLAB PID tuner application as $K_p = 29.599$, $K_i = 34.108$ and $K_d = 4.607$ (Taşören et al., 2020). According to result of sinusoidal signal as a desired output that is shown in Table 3, the performance of DDPG based control algorithm is better than the PID based control algorithm in terms of MSE, ISE and IAE. However, the performance of PID based control algorithm that is given in Table 4 is better than the performances of the DDPG based control algorithm for constant signal as a desired output in terms of MSE and ISE but DDPG constant reference performance in terms of settling time according to %2 criterion and percentage overshoot are smaller than PID one as given in Table 5 (Ogata, 2010).



(a)



(b)

Fig. 4. The Tracking Performance of the PID and DDPG Based Controller for Desired Outputs (a) Sinusoidal and (b) Constant Reference

Table 3. The results of the control algorithms in terms of MSE, ISE and IAE for sinusoidal reference

	MSE	ISE	IAE
DDPG	7.6089×10^{-4}	0.008054	0.2451
PID	0.0014	0.01493	0.3481

Table 4. The results of the control algorithms in terms of MSE, ISE and IAE for constant reference

	MSE	ISE	IAE
DDPG	5.7666×10^{-4}	0.003369	0.03137
PID	4.0157×10^{-4}	0.00187	0.03223

Table 5. The results of the control algorithms in terms of settling time and overshoot for constant reference

	Settling Time (s)	Overshoot (%)
DDPG	0.79	11.24
PID	2.29	21.69

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the DDPG based control algorithm is implemented to control the pitch angle of the VTOL system model through MATLAB/Simulink environment. The DDPG based control algorithm are tested for the pitch angle in terms of sinusoidal and constant signals as desired outputs. The obtained results are compared to the PID based control algorithm whose parameters are tuned by Simulink PID tuner application, in terms of MSE, ISE, IAE, settling time and percentage overshoot. The tracking error performance of DDPG based control algorithm for a sinusoidal reference is better than the PID based control algorithm in terms of MSE, ISE, IAE. The tracking error performance of the DDPG based control algorithm for constant reference is not as good as the PID control algorithm in terms of all error metrics, but it is better in terms of percentage overshoot and settling time than PID control algorithm for constant reference response. so DDPG as a controller can be used in fast and sensitive systems. In the future studies, the other reinforcement-based algorithms that have continuous action space can be used to control the VTOL system model.

5. Acknowledge

This work is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209A – Research Project Support Programme for Undergraduate Students with project number 1919B012002772.

References

- Bou-Ammar, H., Voos, H., & Ertel, W. (2010, September). Controller design for quadrotor uavs using reinforcement learning. In 2010 IEEE International Conference on Control Applications (pp. 2130-2135). IEEE.
- Brandi, S., Piscitelli, M. S., Martellacci, M., & Capozzoli, A. (2020). Deep Reinforcement Learning to optimise indoor temperature control and heating energy consumption in buildings. *Energy and Buildings*, 224, 110225.
- Buşoniu, L., Bruin, T., Tolić, D., Kober, J., & Palunko, I. (2018). Reinforcement learning for control: Performance, stability, and deep approximators. *Annual Reviews in Control*, 46, 8-28.
- Chen, P., He, Z., Chen, C., & Xu, J. (2018). Control strategy of speed servo systems based on deep reinforcement learning. *Algorithms*, 11(5), 65.
- Hossny, M., Iskander, J., Attia, M., & Saleh, K. (2020). Refined continuous control of ddpq actors via parametrised activation. *arXiv preprint arXiv:2006.02818*.
- Hu, B., Yang, J., Li, J., Li, S., & Bai, H. (2019). Intelligent control strategy for transient response of a variable geometry turbocharger system based on deep reinforcement learning. *Processes*, 7(9), 601.
- Junejo, M., Kalhor, A. N., & Kumari, A. (2020). Fuzzy logic based PID auto tuning method of QNET 2.0 VTOL.
- Lillicrap, T. P., Hunt, J. J., Pritzel, A., Heess, N., Erez, T., Tassa, Y., Silver, D., & Wierstra, D. (2015). Continuous control with deep reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1509.02971*.
- Ogata, K. (2010). *Modern control engineering*. Prentice hall.
- Parvareh, A., Abrazeh, S., Mohseni, S. R., Zeitouni, M. J., Gheisarnejad, M., & Khooban, M. H. (2020). A Novel Deep Learning Backstepping Controller-Based Digital Twins

- Technology for Pitch Angle Control of Variable Speed Wind Turbine. *Designs*, 4(2), 15.
- Qin, Y., Zhang, W., Shi, J., & Liu, J. (2018, August). Improve PID controller through reinforcement learning. In 2018 IEEE CSAA Guidance, Navigation and Control Conference (CGNCC) (pp. 1-6). IEEE.
- Quanser Inc. (2011) QNET VTOL Instructor Workbook, ftp://ftp.ni.com/evaluation/academic/ekits/QNET_VTOL_Workbook_Student.pdf.
- Rabault, J., Kuchta, M., Jensen, A., Réglade, U., & Cerardi, N. (2019). Artificial neural networks trained through deep reinforcement learning discover control strategies for active flow control. *Journal of fluid mechanics*, 865, 281-302.
- Rahman, M. M., Rashid, S. H., & Hossain, M. M. (2018). Implementation of Q learning and deep Q network for controlling a self balancing robot model. *Robotics and biomimetics*, 5(1), 1-6.
- Satheeshbabu, S., Uppalapati, N. K., Chowdhary, G., & Krishnan, G. (2019, May). Open loop position control of soft continuum arm using deep reinforcement learning. In 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (pp. 5133-5139). IEEE.
- Shi, Q., Lam, H. K., Xiao, B., & Tsai, S. H. (2018). Adaptive PID controller based on Q-learning algorithm. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 3(4), 235-244.
- Spielberg, S. P. K., Gopaluni, R. B., & Loewen, P. D. (2017, May). Deep reinforcement learning approaches for process control. In 2017 6th international symposium on advanced control of industrial processes (AdCONIP) (pp. 201-206). IEEE.
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction*. MIT press.
- Taşören, A. E., Gökçen, A., Soydemir, M. U., Şahin, S. (2020). Artificial Neural Network-Based Adaptive PID Controller Design for Vertical Takeoff and Landing Model. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 87-93.



Design of IoT-based Air Quality Meter Module and Air Quality Analysis with Machine Learning

Ege Alp Türkyener^{1*}, Savaş Şahin², Sadık Arslan³

^{1*} İzmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8187-541X), egealpturkyener@gmail.com

² İzmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2065-6907), savas.sahin@ikc.edu.tr

³ Kentkart Ege Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Department of Hardware R&D, İzmir, Turkey (ORCID: 0000-0003-4057-2030), sadik.arslan@kentkart.com.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.957500)

ATIF/REFERENCE: Turkyener, E.A., Şahin, S. & Arslan, S. (2021). Design of IoT-based Air Quality Meter Module and Air Quality Analysis with Machine Learning. *European Journal of Science and Technology*, (26), 364-368.

Abstract

This study proposes an ARM based air quality module placed to public transport vehicles for analyzing the effect of PM2.5 and PM10 particles in the cities in real-time using Internet of Things. The STM32 microcontroller is used for obtaining the data from the PM, humidity, and temperature sensors. The data collected from the sensors are sent to the i.MX6UL microprocessor using RS-485 connected to the internet portal with an Ethernet module. The microprocessor sends the data to the Microsoft Azure Hub in-on-line, and it is also recorded via the computer. The obtained data is analyzed for air quality-meteorological variables and the regression models are implemented via machine learning algorithms. PM2.5, PM10, humidity and temperature data are evaluated with R² test and root mean square error for regression models. The Random Forest algorithm shows better results among other used regression models.

Keywords: air quality analysis, real-time monitoring, machine learning, internet of things, arm-based microprocessor

IoT Tabanlı Hava Kalitesi Ölçer Modülünün Tasarımı ve Makine Öğrenmesi ile Hava Kalitesi Analizi

Öz

Bu çalışma, Nesnelerin İnterneti kullanılarak şehirlerdeki PM2.5 ve PM10 parçacıklarının etkisini gerçek zamanlı olarak analiz etmek için toplu taşıma araçlarına yerleştirilen ARM tabanlı bir hava kalitesi modülünü önermektedir. STM32 mikrodenetleyicisi, PM'den ve nem, sıcaklık sensörlerinden veri elde etmek için kullanılır. Sensörlerden toplanan veriler, ethernet modülü ile internet portalına bağlanan i.MX6UL'ya, RS-485 kullanılarak iletilir. i.MX6UL, verileri çevrimiçi olarak Microsoft Azure Hub'a gönderir ve bilgisayar aracılığıyla da kaydedilir. Elde edilen veriler hava kalitesi-meteorolojik değişkenler için analiz edilmiş ve regresyon modelleri makine öğrenme algoritmaları ile uygulanmıştır. PM2.5, PM10, nem ve sıcaklık verileri R² testi ve regresyon modelleri için ortalama karekök hatası ile değerlendirilmiştir. Rastgele orman algoritması, kullanılan diğer regresyon modelleri arasında en iyi sonucu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: hava kalitesi analizi, gerçek zamanlı izleme, makine öğrenimi, nesnelerin internet, arm tabanlı mikroişlemci.

* Corresponding Author: egealpturkyener@gmail.com

1. Introduction

Air pollution is one of the biggest problems in industrialized cities and causes millions of people to die from its complications therefore, it is important to be aware of the air quality. (Giannadaki, D., 2016). PM2.5 and PM10 are the one of the most harmful particles to humans. Because these particles are small, they can easily go to the lungs and cause future health problems (Brokamp, C., 2017). Therefore, it is important to monitoring and analyzing these particulate matters in real time and inform the decision makers about pollution to prevent the negative impacts that can cause. The air pollution measurement of cities can be made from stationary or mobile stations (Hu, K., Rahman, A., 2017). Air quality taken from fixed points can be measured and transferred using wireless sensor networks in real time. (Yaacoub, E., Kadri, 2013). Many cities have only limited, and stationary air pollution monitors due to the high cost of the multiple stations and this cause lack of understanding the impact of air quality on cities (Snyder, E. G., 2013). Mobile stations take measurements with sensor modules placed on a vehicle. A vehicle can be a car, public transport vehicles, public bikes (Liu, X., Li, B., Jiang, A., 2015). Sensor communication can be done using the internet (Saukh, O., 2012). Using the Internet of Things (IoT), data can be transmitted in real time. The relationship between air particles and humidity-temperature, the regression models are proposed (Kamińska, J. A. 2018). In this study a 32-bit ARM microcontroller-based outdoor air quality system is implemented in order to measure PM2.5, PM10, temperature and humidity. The data collected from the sensors on the public transport vehicles can be sent to the data center in real time using IoT. In addition, impact of temperature and humidity on air quality examined using regression models with machine learning algorithms. Root mean square error (RMSE) and R^2 score tests were used to compare the obtained results. The paper is organized as follows: in Section 2, hardware and software design of the system is presented. Section 3 describes the impact of temperature and humidity on PM2.5 and PM10 with the results from the system. Conclusions are presented in Section 4, and future research directions are outlined.

2. Material and Method

The main components of the system are given as follows: STM32L4 as microprocessor, i.MX6UL processor for transmitting the sensor values to Microsoft Azure cloud, RS-485 communication port for communicating the STM32L4 with i.MX6UL. The implemented system that measures the dust, temperature and humidity values is given in Fig1. And also, the analogy of the system is given in Fig2.

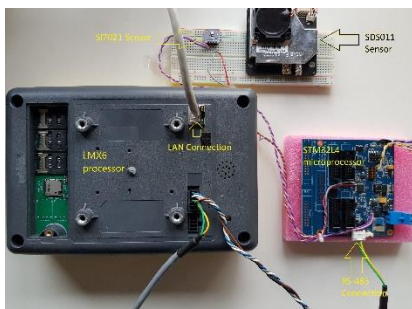


Fig1. The implemented system for real-time remote monitoring

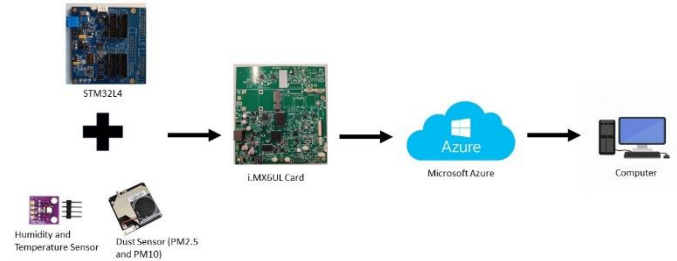


Fig2. The proposed system for real-time remote monitoring

2.1. Transmitting Data

The communication algorithm developed for the system is given in Fig3. STM32L4 microprocessor obtains the data from the sensors through I2C and UART connections and sends it to the i.MX6UL processor through RS-485 protocol. The i.MX6UL is connected to the internet with an ethernet connection. If the data sent through RS-485 is corrupted, it is deleted, and new data is expected to arrive. i.MX6UL sends the transmitted data to Azure Cloud using the MQTT protocol. The data obtained by the cloud, is read through computer and saved to create a regression model in the further steps.

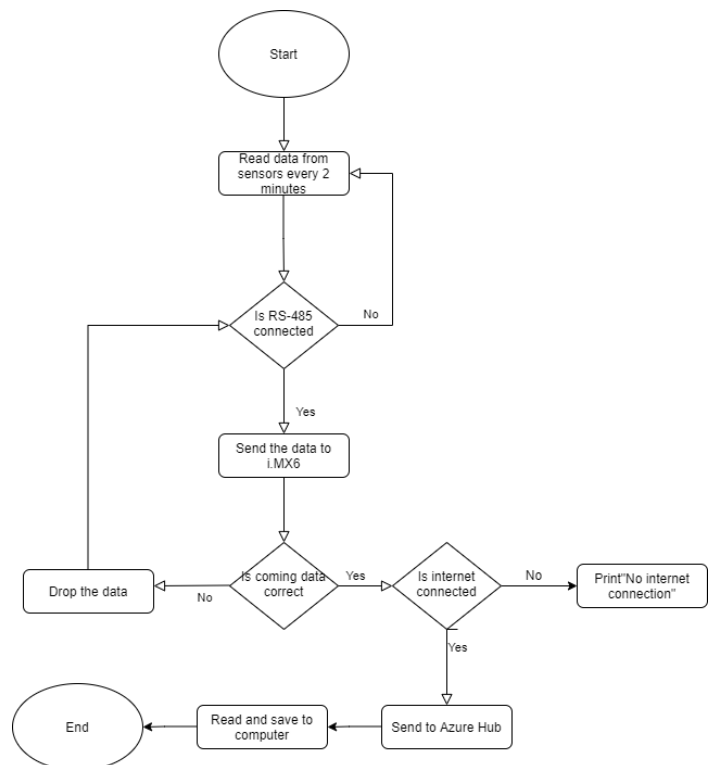


Fig3. Flowchart of the systems communication algorithm

2.2. Sensors

SI7021 sensor used for measuring the humidity and temperature and SDS011 sensor used to measure PM2.5 and PM10 pollutants. SDS011 is a low-cost dust sensor. It detects particle concentration between 0.3 μ m to 10 μ m using principle of laser

Table 1. European Emission Standards for PM2.5 and PM10 (EEA, 2018)

European Air Quality Index	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor	Extremely poor
Particles less than 2.5µm (PM _{2.5})	0-10 µg/m ³	10-20 µg/m ³	20-25 µg/m ³	25-50 µg/m ³	50-75 µg/m ³	75-800 µg/m ³
Particles less than 10µm (PM ₁₀)	0-20 µg/m ³	20-40 µg/m ³	40-50 µg/m ³	50-100 µg/m ³	100-150 µg/m ³	150-1200 µg/m ³

scattering (Budde,M., 2018). European emission standards on PM2.5 and PM10 particles can be seen in Table 1.

SI7021 offers a low-power, high-accuracy and factory-calibrated for both temperature and humidity solution (El Houssaini, D.) It is ideal for a wide range of temperature and humidity applications including high-reliability automotive and industrial systems. SI7021 can operate between -10 and 60 degrees Celsius with an accuracy of ±0.4°C. Temperature and humidity calculation of the sensor can be seen in Eq1 and Eq2.

$$Temperature(C) = \frac{175.72 * TempCode}{65536} - 4 \tag{Eq1}$$

$$\%RH = \frac{125 * RHCode}{65536} - 6 \tag{Eq2}$$

Where Temperature is in degrees Celsius, %RH is the Humidity, TempCode and RHCode are the 16-bit word returned by the SI7021 sensor.

2.3 Internet of Things

The i.MX6UL processor operates on Linux OS. Python programming language is used on i.MX6UL processor to connect to the IoT and transmit the data in real-time to cloud. The processor is used for connecting the whole system to the internet through ethernet connection. The transmitted data can be reached by local computer as in Fig4. Data sensor is stored in .csv format and used for machine learning algorithms.

```

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.4,"humidity": 45.4,"pm2_5": 23,"pm10": 40}'
Total calls received: 1

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.4,"humidity": 45.4,"pm2_5": 24,"pm10": 46}'
Total calls received: 2

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.1,"humidity": 45.2,"pm2_5": 22,"pm10": 40}'
Total calls received: 3

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.2,"humidity": 45.2,"pm2_5": 24,"pm10": 40}'
Total calls received: 4

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.2,"humidity": 45.3,"pm2_5": 23,"pm10": 34}'
Total calls received: 5

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.2,"humidity": 45.3,"pm2_5": 22,"pm10": 37}'
Total calls received: 6

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.2,"humidity": 45.3,"pm2_5": 23,"pm10": 39}'
Total calls received: 7
    
```

Fig4. Real-Time Monitoring on Computer

2.4 Regression Model

Regression analysis is a process of statistical methods which is used to estimate relationship between dependent and independent variables. The purpose of machine learning algorithms is learning to recognize the pattern with several different methods. The supervised learning method-based machine learning algorithms are used for this study (Ahmad, T., 2018). For example, some of regression models are decision tree, linear regression, support vector machines, random forest, and k-nearest neighbors. The use of machine learning regression models it is aimed to determine the effect of different temperature and humidity conditions on PM2.5 and PM10.

3. Results and Discussion

The effect of different temperature and humidity conditions on PM2.5 and PM10 models are investigated by deriving regression models with machine learning algorithms. The data set is obtained from the different locations in the city. There are 4 different variables in the dataset which are temperature, humidity, PM2.5, PM10. The overall dataset was preprocessed and analyzed thoroughly. Different regression models were used on the dataset. These are linear regression, polynomial regression, K-NN regression, random forest regression and decision tree regression. To evaluate the performance RMSE and R² score are used. See Eq3 and Eq4.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}{m}} \quad (Eq3)$$

where y_i is the output, \hat{y}_i is the value of the estimated output after the prediction of the regression model.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (Eq4)$$

where \bar{y} is the average output.

When data is introduced into machine learning algorithms, the appropriate model for the data was Random Forest shown in Table 2 where it has the lowest RMSE value and the highest R^2 score. The relationship between PM2.5, PM10 and temperature, humidity depicted respectively in Fig5 and Fig6.

Table 2. R^2 score and RMSE values of regression models

Regression Models	RMSE	R^2
Linear Regression	4.88	0.2144
Polynomial Regression	3.50	0.5784
Decision Tree Regression	3.48	0.6665
Random Forest Regression	2.77	0.7529
KNN Regression	3.07	0.7173

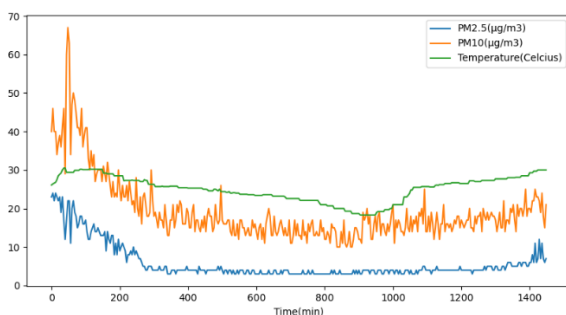


Fig5. PM2.5, PM10 and Temperature versus Time

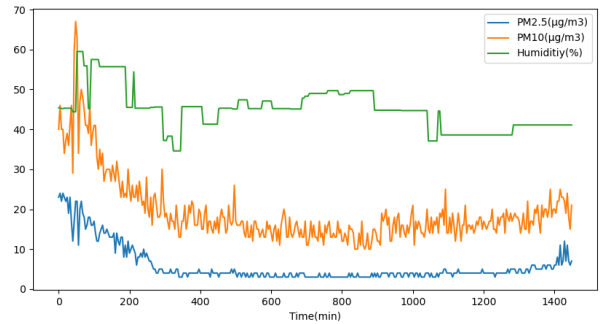


Fig6. PM2.5, PM10 and Humidity versus Time

4. Conclusions and Recommendations

In this study, an ARM based air quality module was designed to be placed to public transport vehicles for obtaining the air quality in the cities in real-time using Internet of Things. Data obtained from the sensors, the effect of different temperature and humidity conditions on the PM2.5 and PM10 regression model is made by using machine learning algorithms. PM2.5 and PM10 were used as pollutant variables. R^2 score and RMSE were performed with different regression models. The test is conducted in Python programming language. Random forest regression was decided as the best regression among the other regression models that were used. With this regression model obtained, it can be seen more clearly how global warming, which causes the air to warm, affects air pollution. As a future work of this study more sensors could be added to the module for better understanding the effect of global warming on the air pollution.

5. Acknowledge

This work is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209B-Bachelor Final Thesis Focused on Industry Program with Project number 1139B412000704.

References

Ahmad, T., Chen, H., Huang, R., Yabin, G., Wang, J., Shair, J., Azeem Akram, H. M., Hassnain Mohsan, S. A., & Kazim, M. (2018). Supervised based machine learning models for short, medium and long-term energy prediction in distinct building environment. *Energy*, 158, 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.169>

Air quality in Europe, 2018 Report, European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe2018/download>

Brokamp, C., Jandarov, R., Rao, M. B., LeMasters, G., & Ryan, P. (2017). Exposure assessment models for elemental components of particulate matter in an urban environment: A comparison of regression and random forest approaches. *Atmospheric Environment*, 151, 1-11.

Budde, M., Schwarz, A. D., Müller, T., Laquai, B., Streibl, N., Schindler, G., ... & Beigl, M. (2018). Potential and limitations of the low-cost SDS011 particle sensor for monitoring urban air quality. *ProScience*, 5, 6-12

El Houssaini, D., Khriji, S., Besbes, K., & Kanoun, O. Real Time Temperature Measurement for Industrial Environment.

- Giannadaki, D., Lelieveld, J., & Pozzer, A. (2016). Implementing the US air quality standard for PM 2.5 worldwide can prevent millions of premature deaths per year. *Environmental Health*, 15(1), 1-11.
- Hu, K., Rahman, A., Bhrugubanda, H., & Sivaraman, V. (2017). HazeEst: Machine learning based metropolitan air pollution estimation from fixed and mobile sensors. *IEEE Sensors Journal*, 17(11), 3517-3525.
- Kamińska, J. A. (2018). The use of random forests in modelling short-term air pollution effects based on traffic and meteorological conditions: a case study in Wrocław. *Journal of environmental management*, 217, 164-174.
- Liu, X., Li, B., Jiang, A., Qi, S., Xiang, C., & Xu, N. (2015, June). A bicycle-borne sensor for monitoring air pollution near roadways. In *2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan* (pp. 166-167). IEEE.
- Saukh, O., Hasenfraz, D., Noori, A., Ulrich, T., & Thiele, L. (2012, February). Demo Abstract: Route Selection of Mobile Sensors for Air Quality Monitoring. In *9th European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN 2012)* (pp. 10-11).
- Snyder, E. G., Watkins, T. H., Solomon, P. A., Thoma, E. D., Williams, R. W., Hagler, G. S., ... & Preuss, P. W. (2013). The changing paradigm of air pollution monitoring. *Environmental science & technology*, 47(20), 11369-11377.
- Yaacoub, E., Kadri, A., Mushtaha, M., & Abu-Dayya, A. (2013, July). Air quality monitoring and analysis in Qatar using a wireless sensor network deployment. In *2013 9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 596-601). IEEE.



Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi

Yasin Badur^{1*}, Dursun Akaslan²

^{1*} Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7126-6426), yasin.badur.nk@gmail.com

² Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3432-8154), dursunakaslan@harran.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.944268)

ATIF/REFERENCE: Badur, Y. & Akaslan, D. (2021). Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 369-373.

Öz

Tez üniversitelerde ve yüksekokullarda öğrenciler veya öğretim üyeleri tarafından belli bir konu hakkında yaptıkları araştırmaları, belli kurallar çerçevesinde hazırlayıp, genellikle bir sınav kurulu önünde savundukları bilimsel eser olarak tanımlanmaktadır. Tezler, bilimsel çalışma ve araştırmaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Tez çalışması üzerinde yoğun emek sarf edilmektedir. Yapılan bilimsel çalışmanın rapor haline getirilmesi belli şablonlara göre yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı tez yazımını kolaylaştırmak, tez çalışması sürecini elektronik ortama taşımak, tez yazarının tezin biçimi üzerinde harcadığı zaman kaybını önlemek, intihal kontrollerini sağlamak, enstitülerin tezlerin biçim açısından kontrolleri için harcadığı zaman kaybını önlemek ve benzeri birçok çalışma için Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi tasarlanıp geliştirilmiştir. Sistem en yaygın PHP uygulama çatılarında biri olan Codeigniter'in dördüncü sürümü, PHP programlama dili, MySQL Server veri tabanı, HTML, CSS ve JavaScript kullanılarak geliştirilmiştir. Sistem, toplam 49 veri tabanı tablosu olmak üzere 4 farklı rol altında 11 modülden oluşmaktadır. Veri tabanı ve sistem tasarımından önce 40 tane enstitünün Tez Yazım Şablonu ve Kılavuzları incelenmiştir. Böylece tezin tüm süreçlerinin elektronik ortama geçirmeden önce gerekli bilgiler toplanarak sistem tasarlanmıştır. Geliştirilen bu sistem öğrencilerin tez yazım ve yönetim sürecini hem danışmanların hem de enstitü yönetimi tarafından anlık olarak takip edilebilmesini; ayrıca danışmanlar tarafından öğrencilerinin günlük performanslarını izleyebilme ve anlık olarak tez içeriğini değerlendirebilmelerini olanak sağlamaktadır. Bu sistem tez yazımı ve yönetimi sürecine önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca enstitülerin tezlerin yönetimi ve kontrolleri konusunda önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tez yazımı, Tez yönetimi, Tez şablonu, Elektronik tez sistemi, Web tabanlı tez.

Web Based Thesis Management System

Abstract

Thesis is defined as a scientific work that students or faculty members in universities and colleges prepare on a certain subject within the framework of certain rules and defend them in front of an examination board. Theses constitute an important part of scientific studies and researches. A lot of effort is spent on the thesis work. The reporting of the scientific study is done according to certain templates. The aim of this study is to facilitate the writing of the thesis, to transfer the thesis work process to the electronic environment, to prevent the loss of time spent by the thesis author on the format of the thesis, to ensure plagiarism checks, to prevent the loss of time spent by the institutes for checking the theses in terms of format, and many similar studies have been designed and developed Web Based Thesis Management System. The system was developed using the fourth version of Codeigniter, one of the most common PHP application frameworks, PHP programming language, MySQL Server database, HTML, CSS and JavaScript. The system consists of 11 modules under 4 different roles, with a total of 49 database tables. Before the database and system design, Thesis Writing Templates and Guides of 40 institutes were examined. Thus, the system was designed by collecting the necessary information before transferring all the processes of the thesis to the electronic environment. This developed system allows the students to follow the thesis writing and management process instantly by both the advisors and the institute management; It also allows the advisors to monitor the daily performances of their students and to evaluate the thesis content instantly. This system makes significant contributions to the thesis writing and management process. It also provides important contributions to the management and control of the theses of the institutes.

Keywords: Thesis writing, Thesis management, Thesis template, Electronic thesis system, Web-based thesis.

* Sorumlu Yazar: yasin.badur.nk@gmail.com

1. Giriş

Tez üniversitelerde ve yüksekokullarda öğrenciler veya öğretim üyeleri tarafından belli bir konu hakkında yaptıkları araştırmaları belli kurallar çerçevesinde hazırlayıp genellikle bir sınav kurulu önünde savundukları bilimsel eser olarak tanımlanan en uzun akademik yazım türlerinden biridir (TDK, 2021). Tezler ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerini bitirme sürecinde üzerinde yoğun bir emek sarf edilerek üretilen bilimsel çalışmalardır. Bu eğitimleri bitirmenin şartı ve eğitim sürecini tamamlamanın önemli bir ögesidir. Tez çalışması yapılırken kabul edilmiş bilimsel kurallara uyulması ve üniversite tarafından belirlenen esaslara göre yazılması zorunlu olup, tezin rapor haline getirilme sürecine yardımcı olması için tez rapor formatına ilişkin kılavuzlar ilgili birimler tarafından hazırlanmakta ve yayımlanmaktadır (Bahşişoğlu, 2001). Bu kılavuzlar tez yazarının tezi nasıl yazması gerektiği hakkında detaylı bilgiler vermektedir. Ancak bu kılavuzlardaki bilgilere göre web tabanlı çalışan ve sistem üzerinde tanımlanmış şablona göre bir çıktı verebilecek bir web uygulamasına rastlanılmamıştır.

Tonta ve diğerleri (2006) “Hacettepe Üniversitesi Elektronik Tez Projesi” adlı çalışmalarında yüksek lisans, doktora ve sanatta yeterlik tezlerinin tam metinlerinin internet aracılığıyla herkesin erişimine açmışlardır. Hacettepe Üniversitesi Kütüphanesinden sağlanan 50 basılı tez taranmış, tezlerin tam metinleri Dublin Core standardına göre hazırlanmış, dizin bilgileriyle birlikte dijital ortama aktarılmıştır. Tezlerin elektronik ortama taşınması için ilk adım olarak nitelendirmektedir (Tonta ve diğerleri, 2006). Dolayısıyla bu proje aslında hedeflenen Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemine ilk adım olarak nitelendirilebilir.

Günümüzde internet ortamında bilgi paylaşımı ve bilgiye erişim giderek çoğalmaktadır. Aynı zamanda internet üzerinden çeşitli uygulamalar ile yapılan iş ve işlemlerde artmaktadır (Tonta ve diğerleri, 2006). Bu değişim ve gelişim tez çalışmalarının internet ortamında yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Günümüzde çoğu enstitünün tez yazım şablonu bulunmaktadır. Enstitüler bu dokümanları kendi resmî web sayfaları üzerinden yayımlamaktadır. Bazı enstitüler şablonlarında kapak, özet gibi ortak bölümleri öğrencilerin kolayca doldurabilmesini sağlayacak, çoktan seçmeli menüler ile bir kelime işlemci programı kullanmışlardır. Diğer taraftan Yüksek Öğretim Kurulu’na (YÖK) bağlı üniversitemizde web ortamında tez yazmanın tüm süreçlerini kapsayan ve bu tezlerin içeriklerini yönetebilen web tabanlı bir sistem kullanan enstitüye rastlanılmamıştır.

Dolayısıyla lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinin tezlerinin çevrim-içi ortamda yazabilmeleri için içerik yönetim sistemlerinde olduğu gibi tez yazım ve yönetim sürecinin her aşamasında öğrencilere yardımcı olacak web tabanlı çalışan bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Çevrim-içi ortamda tezlerin yazılabilmesi ve yönetilebilmesini sağlayacak bir sistem ile öğrenci tez yazım sürecinin danışmanlar tarafından anlık olarak izlenmesinin sağlanması, intihallerin önüne geçilmesi, yazım hatalarının önlenmesi ve benzeri birçok katkı sunacaktır. Bu çalışmanın amacı tez yazım sürecinin tamamını kapsayan ve bahsedilen katkıları sunmayı hedefleyerek web tabanlı uygulamanın tasarlanması ve geliştirilmesi olarak belirlenmiştir. Uygulama, açık kaynak kodlu PHP programla dili, bu dil ile yazılmış web çatısı olan Codeigniter’in dördüncü sürümü,

JavaScript, CSS, HTML ve veri tabanı yönetim sistemi MySQL kullanılarak geliştirilmiştir. Uygulamanın testleri proje ve tez yazan öğrenciler tarafından yapılarak; eksiklerin giderilmesi ve daha işlevsel bir sistemin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Nihai hedef olarak tüm üniversitelerin bulut bilişim teknolojileri ile böyle bir sistemin hayata geçirilmesine ön ayak olabilmek ve bu alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlamaktır.

2. Önceki Çalışmalar

YÖK Tez Merkezi istatistiklerine göre günümüze doğru yazılan tez sayılarının katlanarak artış gösterdiği görülmüştür (YÖK Tez Merkezi İstatistikler, 2021). Tez çalışmalarının artması ile birlikte tez yazım sürecinde karşılaşılan zorluklarda irdelenmeye başlanmıştır. Tez çalışmasını yapanların karşılaştıkları zorluklar sorulduğunda; tez yazım sürecinde farklı kısımlarda zorluklarla karşılaştıklarını, ancak en çok bilmedikleri bir analizi yapma ve akademik yazma konularında zorlandıklarını belirtmişlerdir (Yıldırım & Onaylı, 2016). Yıldırım ve Onaylı (2016) çalışmalarındaki tespit ettikleri akademik yazma ile ilgili zorlukları çözebilmek için web tabanlı çalışan bir uygulamanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yapılan literatür taramasında web ortamında tez yazmanın tüm süreçlerini kapsayan ve bu tezlerin içeriklerini yönetebilen komple web tabanlı bir sisteme rastlanılmamıştır. YÖK’ün resmi tez veri tabanı olan YÖK Ulusal Tez Merkezi (<https://tez.yok.gov.tr>) uygulaması bulunmaktadır. Web üzerinden çalışan bu uygulama ile tezler dijital ortama taşınmış olup, sistem üzerinden tez kabulü yapılabilmektedir. Yine sistem üzerinden tezlerin kolayca taranabilmesi ve dijital bir ortama kaydedilebilmesi sağlanmıştır. Benzer bir sistem olan M. Akçay ve Hüseyin Karakullukçu (2016) “Tez Kayıt Sistemi” adlı tam metin bildiride üniversitelerin ihtiyaç duyacağı, öğrencilerin tezlerini sisteme yükleyip diğer öğrencilerin de bu tezler üzerinde araştırma yaparak kendi çalışmalarına katkı sağlayacakları bir sistem geliştirilmiştir (Akçay & Karakullukçu, 2016). Ancak bu iki çalışmada da tez yazımının tüm süreçlerini kapsamadığından, bu yönüyle geliştirilen Web Tabanlı Tez Yönetim Sisteminden ayrılmaktadır. Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi bu işlevleri içerecek şekilde tasarlanmıştır.

Por ve diğerleri (2012) yaptıkları “A Grid Enabled E-Theses and Dissertations Repository System” adlı çalışmalarında manuel tez, hibrit elektronik tez ve elektronik tez sistemlerini karşılaştırarak, bu sistemlerdeki eksiklerin giderilebileceği bir sistem önermişlerdir. Önerilen bu sistem YÖK Ulusal Tez Merkezine benzer bir işlevselliğe sahiptir. Çalışma ile daha büyük veriler üzerinde tez taramasının hızlandırılması ve daha büyük dosya işlemleri için öneriler sunulmuştur. Web Tabanlı Tez Yönetim Sisteminin uzun bir süre kullanıldıktan sonra tez tarama ve dosya işlemleri için çalışmada bahsedilen öneriler doğrultusunda iyileştirmeler yapılmasına katkılar sunacaktır.

Çiftçi (2018) Çoklu Elektronik Dergi Yönetim Sistemi (ÇEDYS) adlı yüksek lisans tez çalışmasında ulusal ve uluslararası hakemli bilimsel dergiler için gönderilen makalelerin kayıt, kabul, editör ve hakem değerlendirme süreçlerinin çevrimiçi olarak yürütülebilmesini ve sonuçlandırılmasını sağlayan bir yazılım geliştirilmiştir (Çiftçi, 2018). Yazılımın geliştirilmesinde kullanılan teknolojiler ve veri tabanı detaylı olarak açıklanmıştır. Bu yönüyle Web Tabanlı Tez Yönetim Sisteminin geliştirilmesinde kullanılan teknolojilerin seçimi aşamasında katkı sağlayan bir çalışma olmuştur. “Bilimsel Dergiler için Bir İçerik Yönetim Sistemi Tasarımı ve

Uygulamasını” (Doğan & Şen, 2007) adlı makale ile bilimsel dergiler için etkileşimli güncelleme yapabilen bir içerik yönetim sisteminin tasarımı ve uygulamasını gerçekleştirebilen ÇEDYS’ye benzer bir sistem olduğu görülmektedir. Ancak çalışmada tez yazımının yapılabildiğinden bahsedilmemiştir.

3. Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi

Web Tabanlı Tez Yönetim Sisteminin geliştirilmesinde Veri Tabanı Yönetim Sistemi olarak MySQL Server kullanılmıştır. Sisteminin arka yüz tasarımında PHP programlama dili ve PHP ile geliştirilen web çatısı olan Codeigniter’in dördüncü sürümü kullanılmıştır. Sistemin ön yüz tasarımında HTML, CSS ve JavaScript ile birlikte bunlarla geliştirilmiş olan Bootstrap kullanılmıştır. Bu teknolojilerin sistem geliştirilmesinde tercih edilmesinin en önemli nedeni açık kaynak kodlu olarak geliştirilmiş olmalarıdır. Geliştirme ortamı olarak sağladığı kolaylıklar ve öğrenci için ücretsiz lisanslama yapmasından dolayı PHPStorm tümleşik geliştirme ortamı tercih edilmiştir.

3.1. Veri Tabanı Tasarımı

Sistemin veri tabanı tasarımı için öncelikle detaylı bir analiz çalışması yapılmıştır. Bu analiz çalışması kapsamında 96 devlet üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün web sayfaları incelenerek 40 tanesinin “Tez Yazım Şablonlarını” incelenmiştir. Ayrıca şablonun yetersiz kaldığı kısımlarda “Tez Yazım Kılavuzuna” başvurulmuştur. Tüm tez sürecini tasarlayabilmek için tez yazım süreci hakkında detaylı bilgiler toplanmıştır. Yapılan analiz çalışması sonuçlarına göre veri tabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan veri tabanı 49 tane tablodan oluşmaktadır. Tüm tablolar ilişkisel olarak tanımlanıp, veri bütünlüğünü sağlayacak ve veri tekrarını asgariye indirecek şekilde tasarlanmıştır. Veri tabanı tabloları; kullanıcı bilgileri, tez içeriği ve başlıkları, şablon tanım bilgileri, kaynak ve kaynakça stili tanım bilgileri ve üniversite birim bilgileri olmak üzere beş kategoride toplanmıştır. Bu tablolar veri bütünlüğünü sağlayacak uygun ilişkilerle birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Veri tabanı tablolarının, tanımlanan alanların veri türü ise yine incelenen şablonların analiz sonucuna göre belirlenmiştir.

3.2. Sistem Tasarımı ve Modül İşlevleri

Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi temelde dört farklı sabit rol ile kullanıcı girişi yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem toplam 11 modülden oluşmuştur. Sistemde yer alan modüller rol

grubuna göre Şekil-1’deki gibi gösterilmiştir.

Sistemin dört sabit rol ile kullanıcı girişi yapılacak şekilde tasarlanmasının amacı; kullanıcıların yapabileceği işlemleri net olarak birbirinden ayırmaktır. Sistem kurulumu sırasında zorunlu olarak Uygulama Yöneticisi rolünde kullanıcı bilgilerinin sisteme tanımlanmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece yönetici hesabı olmaksızın diğer rollere ait kullanıcı hesaplarının oluşturulması engellenmiştir. Bu dört role sahip kullanıcıların yapabildiği işlemler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

3.2.1. Uygulama Yöneticisi

Uygulama Yöneticisi olarak giriş yapan kullanıcı üniversite bilgilerini tanımlama işlemlerini yapabilmektedir. Bu işlemler kısaca; üniversite hiyerarjisinde yer alabilecek birim adları için birim etiketi tanımlama, yeni üniversite ekleme, üniversiteleri listeleme ve güncelleme, üniversite yöneticisi ekleme ve güncelleme, üniversite yöneticilerini listeleme şeklindedir. Sistem birden çok üniversite tarafından aynı uygulama üzerinden hizmet verecek şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla Sistem Yöneticisi rolüne sahip kullanıcı üniversite ve Üniversite Yöneticisi rolüne sahip kullanıcı tanımlanması yapılmasına izin vermektedir.

3.2.2. Üniversite Yöneticisi

Üniversite Yöneticisi olarak giriş yapan kullanıcı Şekil-1 gösterilen birçok işlemi yapabilmektedir. Bu işlemlerden “Üniversite İşlemleri”, “Fakülte İşlemleri”, “Enstitü İşlemleri”, “Yüksek Okul İşlemleri” ve “Meslek Yüksek Okul İşlemleri” üniversite hiyerarşisine uygun olarak birim tanımlama ve güncelleme işlemleri yapabilmektedir.

“Kullanıcı İşlemleri” modülü ile akademisyen ve öğrenci ekleme, pasife çekme ve güncelleme yapılabilmektedir. Ayrıca bu modül ile öğrenci tez bilgilerini tanımlama, güncelleme ve tezin bazı bölümleri ile ilgili işlemler yapılabilmektedir.

“Şablon İşlemleri” modülü ile üniversiteye birinci seviyede bağlı birime göre detaylı olarak tez şablonu tanımlama ve güncelleme işlemleri yapılabilmektedir. Tez şablonu tanımlama ile şablona ait sayfa yapısı, sayfa numaralandırma türü ve sayfa numarasının konumu, sayfa üst bilgisinin görünürlüğü, sayfa numaralandırma başlangıç bölümü ve şablonda yer alacak bölümler ve başlıklar detaylı olarak tanımlanabilmektedir. Şablonda tanımlanan bölümler kendi içinde dinamik olarak



Şekil 1. Rollere Göre Modüller

sıralanabilmektedir. Tanımlanmış bir şablonun bölümlerine ait yazı formatı ve büyüklüğü, başlık konumu (sağa, sola veya ortaya yaslı), başlık ve içeriğinin başlama konumu (yeni sayfada veya devam eden sayfada), satır aralığı, satır başı miktarı, alt ve ana başlıklar öncesi ve sonrası boş satır sayısı ve bölüm maksimum sayfa sayısı ve benzeri birçok özellikler detaylı olarak tanımlanmaktadır. Şablonda yer alan “Kapak”, “Özet” ve “Onay Sayfası” gibi bölümlerde yer alacak bilgilerde seçimli hale getirilmiştir. Ayrıca bu modül ile tezde yer alan “Etik Bildirim” gibi metinlerde tanımlanabilmektedir. Enstitülerin yayınladıkları şablonlar bu modül ile dinamik ve birime göre tanımlama işlemleri sağlanmıştır. Böylece tez yazarı şablonla ilgili işlemlerle kaybedilen zaman engellenmiştir.

“Kaynak İşlemleri” modülü ile öğrencinin tez yazımında yararlandığı kaynaklar ekledikten sonra ilgili birime tanımlanmış kaynakça stiline göre yazılması sağlanmaktadır. Kaynak stili tanımlama işleminde kullanılan kaynaktaki tüm alanların (kitap adı, yayın evi, başlık vb.) ve kaynak türü (kitap, makale vb.) sistem içinde detaylı olarak tanımlanabilmektedir. Tanımlanmış olan kaynak bilgileri ile yeni kaynak türü tanımlanabilir, kaynağa ait bilgileri ve bilgilerin alabileceği değer türleri dinamik olarak atanabilmektedir. Örneğin makale kaynak türünü tanımlamak için önceden tanımlanmış başlık, yazarlar, dergi adı ve benzeri alanlarını dinamik olarak ekleyip, bu alanların alabileceği değer türü (yazı veya numerik), değer girilmesinin zorunluluk durumu ve alanın açıklaması dinamik olarak tanımlanabilmektedir. Sistemde tanımlanmış her kaynak türünün kaynakça bölümünde nasıl basılacağını dinamik olarak kaynakça stili tanımlama işlemi ile yapılabilmektedir. Kaynakça stili tanımlama işlemi bu sisteme özgü bir algoritma yazılarak geliştirilmiştir.

3.2.3. Öğrenci

Sisteme öğrenci olarak giriş yapan kullanıcı Şekil-1 de görüldüğü üzere iki temel işlem yapabilmektedir. Bunlardan tez işlemleri modülü önemlidir. Tez yazımı ve yönetimi sistemde tanımlanmış şablona göre buradan yapılmaktadır. Öğrencinin tez yazımı ve yönetimi incelenen 40 şablondaki verilere göre modülde üç kısma ayrılmıştır.

İlk kısım “İthaf”, “Proje Destek”, “Önsöz”, “Özet”, “Simgeler”, “Kısaltmalar” ve benzeri bölümlerin içeriğinin tanımlandığı kısımdır. Bu kısımda kullanıcı “Simgeler” ve “Kısaltmalar” bölümünde sistemde tanımlı veya yeni kısaltma ve simgeyi tezine ekleyebilmektedir. “Özet” ve “Onay” kısmı bazı verilerin öğrenci tarafından girilerek, bazı verilerinde sistemde tanımlı şablona göre otomatik eklenerek oluşturulmaktadır. Pdf çıktısı alma veya ön izlemeye bu bölümler tanımlı şablona göre sistem tarafından otomatik yapılmaktadır. Yine bu kısımda yer alan dizinler ve içindekiler kısımları sistem tarafından otomatik olarak oluşturulup basılmaktadır.

İkinci kısım, kullanıcı tarafından tez içeriğinin girilmesinin sağlandığı kısımdır. Burada kullanıcı tanımlı şablona göre gelen ana başlıkların altına içerik veya alt başlık ekleyip düzenleyebilmektedir. Tez içeriğinin yazımı zengin metin editörü ile yapılmaktadır. Bu zengin metin editörünün sadece koyu yazı, alt çizgili yazı ve üstel gibi basit fonksiyonları vardır. Çünkü içerik kısmının basımı şablon ile önceden belirlendiğinden kullanıcı tarafından yapılmasına gerek kalmamıştır. Kullanıcı sadece veri girişi yapmakta ve formatı için ayrıca zaman harcamasına gerek kalmamıştır. İçerik ekleme metin, şekil, tablo, resim ve benzeri birçok türlere ayrılarak yapılmaktadır. Örneğin kullanıcı bir resim ekleyecekse, bu türü seçip işleme devam etmektedir. Metin ekleyecekse, metin türü

seçerek işlem yapabilmektedir. Böylece veriler, türüne göre veri tabanında saklanması sağlanmıştır. Tez içeriğini, türüne göre veri tabanında saklanması ile ham metinleri resim, tablo ve benzeri içerikten ayırarak, tez ana metni üzerinde yapılacak arama ve tarama işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla tasarlanmıştır.

Son kısımda kullanıcının yararlandığı kaynaklarını eklediği ve varsa çalışmanın eklerini ekleyebildiği kısımdır. Öğrenci kendisine ait bilgileri özgeçmiş modülü ile detaylı olarak ekleyebilmektedir. Anlaşıldığı üzere sistem üzerinden sadece öğrenciden veri girişi yapılması istenmektedir. Tezin çıktısını alma işlemi tamamen sistemde ilgili birime tanımlı şablona göre yapılmaktadır. Böylece tez yazım ve denetimi kolaylaştırılmıştır.

3.2.4. Akademisyen

Akademisyen olarak giriş yapan kullanıcı danışmanlığını yaptığı öğrencilerin tezlerini takip edebilmekte ve başlık veya paragraf bazlı olarak içeriği inceleyip, değerlendirme yapabilmektedir. Yapılan değerlendirmeyi ilgili öğrenci anında görebilmektedir. Ayrıca akademisyen web servislerini kullanarak tez intihal kontrolünü sağlayabilmektedir. İntihal kontrolleri, anlık olarak n-gram algoritması ile internet üzerinden anlık tarama yapılarak yapılması planlanmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma sonucunda tez yazım ve yönetim sürecinin tamamının web ortamında yapılmasını sağlayan “Web Tabanlı Tez Yönetim Sistemi” geliştirilmiştir. Bu sistem birden çok üniversite tarafından tek veritabanı üzerinden tez yazım ve yönetim işlemlerine olanak sağlamaktadır. Tez yazımını, ilgili üniversitenin birimine tanımlı şablona göre yapılmasını sağlamaktadır. Öğrenci ve danışman etkileşimini artırmaktadır. Tezlerin web ortamında yönetimini, intihal kontrollerini, taranmasını sağlayarak ayrıca daha birçok özellik ile sürece önemli katkılar sunmaktadır.

Bu sistem ile öğrencilerin tez yazım ve yönetim süreci hem danışmanları hem de enstitü yönetimi tarafından anlık olarak takip edilebilmektedir. Bu sistem ile danışmanlar öğrencilerinin günlük performanslarını izleyebilmekte ve anlık olarak tez içeriğini inceleyip değerlendirebilmektedir. Yeni koronavirus hastalığı (COVID-19) ile birlikte danışmaların ve öğrencilerin üniversitelerde fiziksel olarak uzaklaştığı günümüzde, bu sistem sürece önemli bir katkı sağlamıştır. Enstitü yönetimi açısından ise öğrencilerin özlük bilgileri, çalışma istatistikleri, tezlerinde intihal yapıp yapmadıkları ve benzeri bilgiler takip edilebilmektedir. Ek olarak hem öğrenciler için hemde enstitü yönetimi için tezlerin şekil bakımından incelenmesi için harcanan emek ve zaman kaybının önüne geçilmiştir.

Fakat bu sistemin üniversitelere entegre edilebilmesi için üniversitelerin bağlı olduğu mevzuatların güncellenmesi gerekmektedir. Ek olarak enstitüye bağlı anabilim dalları sayısı ve çeşitliliği düşünüldüğünde; tez yazımında kullanılan karakterlerin çeşitliliği, formüller ve benzeri araçların geliştirilen sistemde yeterli değildir. Bu araçların eksikliği giderilerek sistemin kullanım alanı artırılabilir. Sistem önemli bir kullanıcı kitlesi tarafından kullanılabilirliği ve kullanımının tavsiye edilmesi halinde özellikleri daha da gelişmiş bir sistemin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Kaynakça

- Akçay, M., & Karakullukçu, H. (2016). Tez Kayıt Sistemi. *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, (s. 1055 - 1064). Antalya.
- Bahşıoğlu, H. K. (2001). İnternet Kaynakları: Tez Çalışması ve Yazımı. *Bilgi Dünyası*, 2(2), 256-264.
- Baltacı, A. (2020). Araştırmaların Raporlaştırılması: Bir Tez Veya Bilimsel Makale Nasıl Yazılır. *Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6 - 39.
- Barutçu, F., & Onaylı, S. (2016). Tez Sürecinde Karşılaşılan Zorluklar. *Tez Sürecinde Karşılaşılan Zorluklar* (s. 677-690). içinde doi:10.14527/9786053183563.042
- Çelik, S., & Buğan, O. (2013). Açık Dergi Sistemleri (ADS) : Açık Kaynak Kodlu Dergi Yönetim ve Yayınlama Sistemi. *Yükseköğretim Dergisi*, 3(1), 12-21. <https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php> adresinden alındı
- Çiftçi, G. (2018). Çoklu Elektronik Dergi Yönetim Sistemi Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Afyon.
- Demircioğlu, S. (2013). İlişkisel Veri Tabanlarında Anahtar Kelime Arama. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 5(3), 51-56. <https://dergipark.org.tr/pub/gazibtd/87974> adresinden alındı
- Deniz, K., & Karagöl, E. (2017). Akademik Yazma Açısından Tez Yazım Kılavuzları*. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 5(2), 287 - 312. doi:<https://doi.org/10.16916/aded.298783>
- Deperlioğlu, Ö., & Sarpkaya, Y. (2009, Ocak). Öğretim Yönetim Sistemleri İçin Örnek Veri Tabanı Tasarımı. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2(1), 15-21. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/75254> adresinden alındı
- Doğan, N., & Şen, Ş. (2007). Bilimsel Dergiler İçin Bir İçerik Yönetim Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması. *Politeknik Dergisi*, 10(4), 53-361.
- Eldoğan, D., Korkmaz, L., Helvacı, E., Yeniçeri, Z., & Kökdemir, D. (2015). *Akademik Yazım Kuralları Kitapçığı* (4 b.). Ankara: Eleştirel – Yaratıcı Düşünme Ve Davranış Araştırmaları Laboratuvarı. Ocak 3, 2021 tarihinde http://psk.baskent.edu.tr/docs/AYKK_04.pdf adresinden alındı
- Faryadi, Q. (2019). PhD Thesis Writing Process: A Systematic Approach—How to Write Your Methodology, Results and Conclusion. *Creative Education*, 10, 766-783. doi:10.4236/ce.2019.104057
- Fırlar, T. (2003, Mart). Uzman Veri-Tabanı Sistemleri Ve Öneriler. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1).
- Güncel Türkçe Sözlük. (2021). Türk Dil Kurumu Sözlükleri: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı
- Håkansson, A. (2010). Improving the Thesis Writing Process. *FECS 2010 : proceedings of the 2010 international conference on frontiers in education : computer science & computer engineering (Las Vegas NV, July 12-15, 2010)* (s. 389-395). Stockholm: CSREA Press.
- Hakkoymaz, V., & Mollarecep, Ö. (2015). Veri Tabanında Adaptif Yetki Yönetimi ve Uygulaması. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 1(2), 1-5.
- Müstecaplıoğlu, M. A. (2017). Akademik Makale Yazımında Sayfa Düzeni Ve Tipografi Seçimi. *Sanat-Tasarım Dergisi*(8), 29-33. doi:10.17490/Sanat.2018.18
- Nadeem, S., & Guruler, H. (2019). Lisansüstü Tez Yazım Stilini Kolaylaştırmak İçin Editör Yazılımı. Muğla.
- Por, L. Y., Ong, S. Y., Beh, D., & Ismail, M. (2012). A Grid Enabled E-Theses and Dissertations Repository System. *The International Arab Journal of Information Technology*, 392-401.
- Sağiroğlu, S., Dener, M., Günes, S., Güllü, A., Tataroğlu, A., Orman, A., . . . Akçay, H. (2015). Ulusal Veritabanı ve Atıf Endeksi Kurulumu için Stratejiler, Problemler ve Çözüm Önerileri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 01-512.
- Sanalan, V. A., & Altun, A. (2002). Electronic Portfolio As A Database Application. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 11-21.
- Sawaneh, I. A., E. C., Koroma, J. H., Kamara, J. A., Sankoh, I., Sesay, M. S., & Koroma, A. (2018). Student Dissertation Database Management System: IAMTECH Sierra Leone as a Case Study. *International Journal on Data Science and Technology*, 4(3), 93-99.
- Şencan, H. (1991). Tezin Yapısı. H. ŞENCAN içinde, *Tez Yazım Kılavuzu* (s. 33-39). İstanbul: İ.Ü İşletme Fakültesi Yayınları.
- Tekerek, A., & Bay, Ö. F. (2009). Web İçerik Yönetim Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 12(2), 85-91.
- Tonta, Y., & Akbulut, M. (2019). Türkiye’de Lisansüstü Tezler Açık Erişim. *Türk Kütüphaneciliği*, 33(4), 219 - 248. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tk/issue/50920/620508> adresinden alındı
- Tonta, Y., Küçük, M. E., Umut Al, G. A., Olcay, N. E., Soydal, İ., & Ünal, Y. (2006). *Hacettepe Üniversitesi Elektronik Tez Projesi Raporu*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü.
- Ulaş, M., & Boyacı, A. (20). Hiyerarşik Bir İçerik Yönetim Sistemi Geliştirilmesi. *Engineering Sciences*, 7(1), 1-13. 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsaeng/issue/19855/212629> adresinden alındı
- Uzun, E., Buluş, H. N., & Erdoğan, C. (2018). Veritabanı Tasarımının Yazılım Performansına Etkisi: Normalizasyona karşı Denormalizasyon. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 887-895.
- Yıldırım, F. B., & Onaylı, S. (2016). Tez Sürecinde Karşılaşılan Zorluklar. *Pegem Atıf İndeksi*, 677-690.
- YÖK Tez Merkezi İstatistikler. (2021). YÖK Tez Merkezi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/IstatistikBilgiler?islem=3> adresinden alındı.



Control Allocation of a GEO Satellite for Station-Keeping and Momentum Management by Using Thrusters and Reaction Wheels

Kezban Üçüncü Emri^{1*}, Onur Cihan²

^{1*} Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, İstanbul, Turkey

TÜBİTAK Space Technologies Research Institute, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7496-9274), kezban.ucuncu@tubitak.gov.tr

² Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5729-2417), onur.cihan@marmara.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.958404)

ATIF/REFERENCE: Üçüncü Emri, K., Cihan, O. (2021). Control Allocation of a GEO Satellite for Station-Keeping and Momentum Management by Using Thrusters and Reaction Wheels. *European Journal of Science and Technology*, (26), 374-382.

Abstract

This paper presents a control allocation method for simultaneous station-keeping and momentum management maneuvers. The considered satellite model is equipped with internal and external actuators to control the satellite's orbit and attitude and, concurrently, unload the angular momentum stored in the reaction wheels. Our method allocates the external and internal actuators to achieve the control objectives. Internal actuators such as reaction wheels generate torque based on the conservation of the momentum. In this study, two different controllers are utilized to control satellite attitude and reaction wheel speeds. To manage the satellite attitude in three axes, at least three reaction wheels are needed. In this study, four reaction wheels are used to ensure control in case of failure of a reaction wheel. In addition, with six chemical thrusters, east-west and north-south orbit correction maneuvers are performed. For the satellite to serve throughout its service life, fuel optimization of the satellite is required. The proposed control allocation method will enforce constraints that maintain orbital accuracy and the satellite in a nadir pointing attitude configuration while minimizing the use of thrusters, significantly reducing fuel consumption. The method combines the two generally separated objectives of orbital and attitude control through constraints determined by the propulsion system. Numerical simulations are performed to validate the proposed method. The simulations show that using the proposed control allocation method can significantly increase the service life of geostationary satellites.

Keywords: Momentum Management, Station Keeping, Optimization, Control Allocation, Reaction Wheel, Geostationary Satellite.

İtici ve Tepki Tekerleri Kullanarak Yerdurağan Uyduların Yönelim Sağlama ve Yörünge Düzeltmesi için Bir Kontrol Dağıtım Yöntemi Geliştirilmesi

Öz

Bu çalışmada yerdurağan yörüngedeki bir uydunun eşzamanlı olarak yörünge düzeltmesi ve momentum yönetimi yapabilmesi için bir kontrol dağıtım yöntemi önerilmektedir. Ele alınan uydu modeli, uydunun yönelimini ve yörüngesini kontrol etmesi ve aynı zamanda tepki tekerlerinde depolanan açısal momentumu boşaltmak için koordine edilmesi gereken içsel ve dışsal eyleyiciler ile donatılmıştır. Yöntem, kontrol hedeflerine ulaşmak için içsel ve dışsal eyleyicilerin birleşiminin nasıl dağıtıldığını gösterir. Tepki/momentum tekerleri gibi iç eyleyiciler momentumun korunmasına dayalı tork üretirler. Bu çalışmada uydu yönelimini ve tepki tekeri hızlarını

* Corresponding Author: kezban.ucuncu@tubitak.gov.tr

kontrol eden iki farklı kontrolcü tasarlanmıştır. Uydu yöneliminin üç ekseninde kontrol edilebilmesi için en az 3 adet tepki tekerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada herhangi bir tekerin arızalanması durumunda kontrolün sağlanabilmesi için dört adet tepki tekeri kullanılmıştır. Buna ek olarak, kullanılan altı adet kimyasal itici ile Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yörunge düzeltme manevraları yapılabilmektedir. Uydunun görev ömrü boyunca hizmet verebilmesi için uydudaki yakıt kullanımının optimize edilmesi gerekir. Önerilen kontrol dağıtım yöntemi, iticilerin kullanımını en aza indirerek yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltırken, yörunge doğruluğu ve ayakucu noktasını işaret eden bir yönelim yapılandırmasında uyduyu koruyan kısıtlamaları uygulamaktadır. Yöntem, yörunge ve yönelim kontrolünün genellikle ayrıştırılmış iki hedefini tahrik sistemi üzerindeki belirlenen kısıtlamalar yoluyla birleştirir. Önerilen yöntemi doğrulamak için sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlar, önerilen kontrol dağıtım yönteminin kullanılmasının yerdurağan uyduların hizmet ömrünü önemli ölçüde arttırabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Momentum Boşaltma, Mevzi Koruma, Kimyasal İtici Sistemi, Tepki Teker, Eniyileme, Yerdurağan Uydu.

1. Introduction

Satellites in Geosynchronous Earth Orbit (GEO) are referred to as geostationary satellites since they seem fixed as they move at the same angular velocity as the Earth and orbit along a path parallel to Earth's rotation. They provide coverage to a specific area. GEO satellites are subjected to various non-Keplerian forces and disturbance torques constantly, resulting in a deviation from the satellite's desired orbital position (Bong-Kyu Park et al., 2005). For satellites in GEO, the main perturbations are solar and lunar gravitational attractions that induce drift in orbital inclination, solar radiation pressure that affects orbit eccentricity (Losa, 2007). Therefore, in order to counter the disturbance forces and torques while maintaining satellite attitude, station-keeping is required. Station-keeping includes a series of orbit correction maneuvers implemented by the thrusters (Weiss, Kalabic, & Cairano, 2018; Satpute, & Emami, 2019).

Although the electric propulsion system appears to be a viable alternative due to the critical reduction in satellite mass, they produce relatively low thrust compared to chemical propulsion. It can achieve much higher specific impulses than chemical propulsion. Chemical thrusters generate higher thrust with lower specific impulses. Therefore, they can rarely fire for short periods when implementing the station-keeping maneuvers. A short thrust period is sufficient for the ΔV required to perform these maneuvers. Electric thrusters, however, provide low thrust at high specific impulses. Thus, they must fire for long periods to manage the same ΔV as chemical thrusters (Thomas, 2016). Consequently, an electric propulsion system is not preferred for conventional station-keeping strategies. Presently, most GEO satellites are equipped with chemical thrusters.

In the literature, there are many examples of station-keeping techniques. Chao and Baker (1983) discussed orbit propagation and station-keeping of GEO satellites. Guelman (2014) proposed a real-time closed-loop orbit control for station-keeping of the GEO satellites with electric thrusters, perturbations are excluded, and optimization of the thrusters' usage is not considered. Shrivastava (1978) discussed station-keeping methods and perturbation environments in GEO satellites. Furthermore, Frederik J. de Bruijn (2016) presented a method that can be used for station-keeping with a convex optimization technique. The method is generic and can be applied to both chemical and electrical propulsion systems. It is aimed to minimize fuel consumption with thruster optimization. Emma and Pernicka (2003) proposed a three-phase algorithm that couples longitude control with eccentricity control autonomously. Losa (2007) focused on comparing station-keeping maneuver planning methods for geostationary satellites equipped with electrical and

chemical thrusters. However, momentum management of the satellite was not considered in these work. There is no attitude control for nadir pointing satellite. Simultaneous station-keeping and momentum management of GEO satellites with electrical thrust is discussed in (Weiss, Kalabic, & Cairano, 2018; Satpute, & Emami, 2019).

GEO satellites perturb from environmental torques that disturb the satellite attitude. Reaction wheels can be used to counteract the effects of disturbing torques. Therefore, momentum management is required periodically to overcome these disturbing torques. In order to maintain the satellite attitude, the disturbing torques must be absorbed by the reaction wheels. Reaction wheels cannot rotate at randomly high speeds. The reaction wheels begin to saturate after a while and the momentum stored by the reaction wheels must be unloaded. The momentum accumulated in the reaction wheels should be unloaded using the thrusters. The usage of thrusters needs to be optimized to minimize fuel consumption of satellite.

In this paper, we use convex quadratic and population-based optimization algorithms for station-keeping and momentum management of GEO satellites equipped with chemical thrusters and reaction wheels. Population-based optimization algorithm ensures the attitude controller performance and the convex optimization method is used for thruster optimization. To generate the concurrent reaction wheel momentum control and station-keeping maneuver, orbital and attitude dynamics are considered simultaneously. The satellite with realistic thruster and reaction wheel configurations are discussed for the applicability of the proposed method. To the best of the authors' knowledge, no study focuses on station-keeping and momentum unloading maneuvers with chemical thrusters concurrently.

The main contributions of this method proposed in this paper can be summarized as follows:

1. Keeping the satellite in a nadir-pointing configuration at all times,
2. Maintaining the satellite in a station-keeping box,
3. Not exceeding the saturation limits of angular velocity of the reaction wheels,
4. Unloading the stored angular momentum from the reaction wheels,
5. Minimizing the fuel consumption with proposed optimization algorithm.

The rest of the paper is organized as follows. In Section 2, kinematic and dynamic models of the satellite as well as the attitude and wheel speed controller models are given. Furthermore, the optimization problems are proposed for the attitude controller and thruster allocation. The numerical results

that highlight the proposed method are presented in Section 3. Finally, we conclude the paper in Section 4.

2. Material and Method

In this section we give the kinematic and dynamical models of the satellite and formulate the optimization problem.

2.1. Kinematic and Dynamic Models

This section consists of the concepts of the orbital dynamics, attitude kinematics and attitude dynamics of GEO satellites.

2.1.1. Notation Preliminaries

In this paper, we denote an arbitrary reference frame a with \mathcal{F}_a . By $\bar{w}_{a/b}^{(c)}$, we define the angular velocity of \mathcal{F}_a with respect to \mathcal{F}_b , expressed in \mathcal{F}_c . $\bar{x}^{(a)}$ denotes the column matrix representation of \bar{x} expressed in \mathcal{F}_a (for further information, see (Özgören, 2007)).

Figure 1. Functional architecture of the system

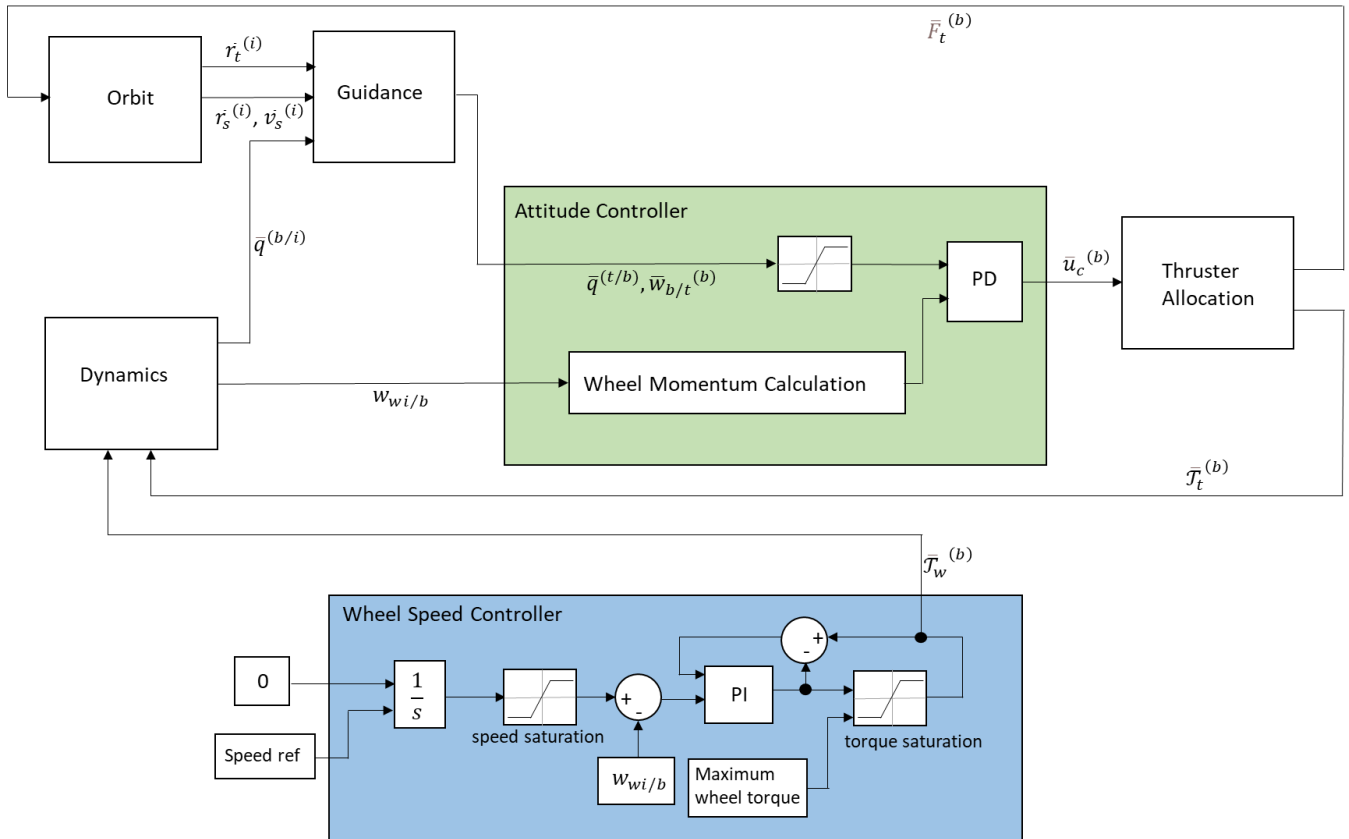


Table 1. Nomenclature

Parameter	Definition	Unit
\vec{a}_{moon}	lunar perturbation acceleration vector	km/s^2
\vec{a}_{sun}	solar perturbation acceleration vector	km/s^2
\vec{a}_p	total perturbation acceleration vector	km/s^2
A_u	allocation matrix	-
b	SCA constant	-
$\hat{C}^{(b,t)}$	rotation matrix that transforms coordinates from \mathcal{F}_t to \mathcal{F}_b	-
F	force generated in the maneuver direction (F_x or F_y)	N
F_{max}	maximum allowable thrust	N
$\bar{F}_t^{(b)}$	thruster forces expressed in \mathcal{F}_b	N
$\bar{H}_w^{(b)}$	angular momentum of the reaction wheels along their spin axes	kgm^2/s
$\hat{J}_s^{(b)}$	satellite moment of inertia	kg/m^2
J_{wi}	i-th reaction wheel moment of inertia	kg/m^2

k	current iteration	-
K	maximum number of iterations	-
K_d	attitude controller derivative gain	-
$K_{i,w}$	wheel speed controller integral gain	-
K_p	attitude controller proportional gain	-
$K_{p,w}$	wheel speed controller proportional gain	-
$K_{t,w}$	wheel speed controller anti-windup gain	-
m	satellite mass	kg
μ	Earth's gravitational constant	km^3/s^2
μ_{moon}	lunar gravitational constant	km^3/s^2
μ_{sun}	solar gravitational constant	km^3/s^2
n_{wheel}	number of the reaction wheel	-
$w_{wi/b}$	angular velocity of the i -th reaction wheel in spin axes with respect to \mathcal{F}_b	rad/s
$\tilde{w}_{b/i}^{(b)}$	cross product matrix of $\bar{w}_{b/i}^{(b)}$	-
Ω	skew symmetric matrix	-
\bar{q}	attitude quaternion	-
$\bar{q}_{err}^{(b/i)}$	saturated quaternion error of \mathcal{F}_b with respect to \mathcal{F}_i	-
P_i^t	position of the destination point in i -th dimension at t -th iteration	-
$\bar{r}^{(i)}$	satellite position vector in \mathcal{F}_i	km
r_1, r_2, r_3, r_4	random numbers	-
$\bar{r}_{moon}^{(i)}$	position of the moon	km
$\bar{r}_{sun}^{(i)}$	position of the sun	km
$\bar{r}_{ti}^{(b)}$	position of the i -th thruster in \mathcal{F}_b	m
$\bar{J}_t^{(b)}$	torques provided by the thrusters in \mathcal{F}_b	Nm
$\bar{J}_w^{(b)}$	reaction wheel torques in \mathcal{F}_b	Nm
u	desired thrust vector	-
$\bar{u}_c^{(b)}$	control torque in \mathcal{F}_b	Nm
$\bar{u}_{wi}^{(b)}$	unit vector of the i -th reaction wheel in \mathcal{F}_b	-
$\bar{u}_{ti}^{(b)}$	unit vector of the i -th thruster in \mathcal{F}_b	-
$\bar{v}^{(i)}$	satellite velocity vector in \mathcal{F}_i	km/s
X_i^t	position of the current solution in i -th dimension at t -th iteration	-

2.1.2. Functional Architecture

In this study, system design is composed of six sections. Figure 1 illustrates the functional architecture of the system whose details are given in the following sections.

Orbit block calculates the current satellite position and velocity, whereas Dynamics block contains the dynamical equations related with the motion of the satellite and generates reaction wheel speed, angular velocity, and attitude of the satellite. Guidance block computes the attitude and angular velocity in the desired reference frame which are the inputs of the Attitude Controller block. Attitude Controller block calculates the desired torque by not exceeding the maximum tolerable attitude error. Thruster Allocation block solves the optimum thruster usage problem. Finally, the Wheel Speed Controller block controls the reaction wheel speed for momentum unloading of the reaction wheels.

2.1.3. Orbital Dynamics

This section describes the design and implementation of the orbit model which will be further utilized to define satellite motion. The nonlinear equation of motion of the satellite is given by

$$\ddot{\bar{r}}^{(i)} = -\mu \frac{\bar{r}^{(i)}}{r^3} + \frac{1}{m} \bar{F}_t^{(b)} + \bar{a}_p \quad (1)$$

where μ is the Earth's gravitational constant, m is the mass of the satellite, $\bar{F}_t^{(b)}$ is the external forces applied to the satellite by the thrusters, $\bar{r}^{(i)}$ is the satellite position vector in inertial frame (ECI, \mathcal{F}_i) and \bar{a}_p is the total perturbation acceleration. Common perturbations are non-spherical central body, solar radiation pressure, and moon and sun gravitational interactions (Curtis, 2010). For GEO satellites, the main perturbations are the lunar and solar gravitational attractions, which include a drift in orbital inclination (Losa, 2007). These perturbation accelerations are formulated as

$$\begin{aligned} \bar{a}_{moon} &= \mu_{moon} \left(\frac{\bar{r}_{moon}^{(i)} - \bar{r}^{(i)}}{|\bar{r}_{moon}^{(i)} - \bar{r}^{(i)}|^3} - \frac{\bar{r}_{moon}^{(i)}}{|\bar{r}_{moon}^{(i)}|^3} \right) \\ \bar{a}_{sun} &= \mu_{sun} \left(\frac{\bar{r}_{sun}^{(i)} - \bar{r}^{(i)}}{|\bar{r}_{sun}^{(i)} - \bar{r}^{(i)}|^3} - \frac{\bar{r}_{sun}^{(i)}}{|\bar{r}_{sun}^{(i)}|^3} \right) \\ \bar{a}_p &= \bar{a}_{moon} + \bar{a}_{sun} \end{aligned} \quad (2)$$

where μ_{moon} and μ_{sun} are the lunar and solar gravitational constants, respectively. Also, $\bar{r}_{moon}^{(i)}$ and $\bar{r}_{sun}^{(i)}$ are the positions of the moon and sun, respectively.

2.1.4. Attitude Kinematics

In this section, the kinematics of the attitude are discussed. We represent the attitude of the satellite by a quaternion, which leads to the following representation for the attitude kinematics (Markley, & Crassidis, 2014)

$$\dot{\bar{q}}^{(b/i)}(t) = \frac{1}{2} \Omega(\bar{w}_{b/i}^{(b)}(t)) \bar{q}^{(b/i)}(t) \tag{3}$$

where $\bar{q} = [q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4]^T$ is the quaternion vector formed of four attitude parameters and $\Omega(\bar{w}_{b/i}^{(b)})$ is the skew symmetric matrix which can be expressed as

$$\Omega(\bar{w}_{b/i}^{(b)}) = \begin{bmatrix} 0 & w_z & -w_y & w_x \\ -w_z & 0 & w_x & w_y \\ w_y & -w_x & 0 & w_z \\ -w_x & -w_y & -w_z & 0 \end{bmatrix} \tag{4}$$

The angular velocity vector in \mathcal{F}_b with respect to inertial frame \mathcal{F}_i , expressed in \mathcal{F}_b is stated separately as $\bar{w}_{b/i}^{(b)} = [w_x \ w_y \ w_z]^T$. The attitude kinematics can be expressed by an attitude matrix, quaternion products and the angular velocity vector. See for further information (Markley, & Crassidis, 2014).

2.1.5. Attitude Dynamics with Reaction Wheels

The satellite rigid body attitude dynamics are actuated by the reaction wheels. The equation of motion for the attitude dynamics of the satellite can be expressed in body fixed frame \mathcal{F}_b as

$$\dot{\bar{w}}_{b/i}^{(b)} = \hat{f}_s^{(b)-1} \left[\begin{aligned} & \bar{f}_t^{(b)} - \bar{f}_w^{(b)} - \bar{w}_{b/i}^{(b)} (\hat{f}_s^{(b)} \bar{w}_{b/i}^{(b)} \\ & + \sum_{i=1}^{n_{wheel}} J_{wi} w_{wi/b} \bar{u}_{wi}^{(b)}) \end{aligned} \right] \tag{5}$$

where $\dot{\bar{w}}_{b/i}^{(b)}$ is the derivative of the angular velocity vector in \mathcal{F}_b with respect to \mathcal{F}_i , expressed in \mathcal{F}_b ; $\hat{f}_s^{(b)}$ and J_{wi} are the satellite inertia and i -th reaction wheel inertia, respectively. $\bar{f}_t^{(b)}$ and $\bar{f}_w^{(b)}$ are the torques provided by thrusters and reaction wheels' torque vectors, respectively. $w_{wi/b}$ is the angular velocity of the i -th reaction wheel in spin axes, $n_{wheel} = 4$ is the number of the reaction wheels and $\bar{u}_{wi}^{(b)}$ is the unit vector of the i -th reaction wheel. Unit vectors of the reaction wheels are as follows

$$\begin{aligned} \bar{u}_{w1}^{(b)} &= \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \bar{u}_{w2}^{(b)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \\ \bar{u}_{w3}^{(b)} &= \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \bar{u}_{w4}^{(b)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{6}$$

A minimum of three reaction wheels are required for control in three axes. In the system under consideration, four reaction

wheels are used. It is assumed that these reaction wheels are placed in a square pyramidal structure so that they can generate torque in all directions. Figure 2 illustrates configuration of the reaction wheels. Thanks to this arrangement, the amount of torque on the reaction wheels in any maneuver can be kept on an equal level. The surface normal of the square based pyramid are the momentum axes of the reaction wheels.

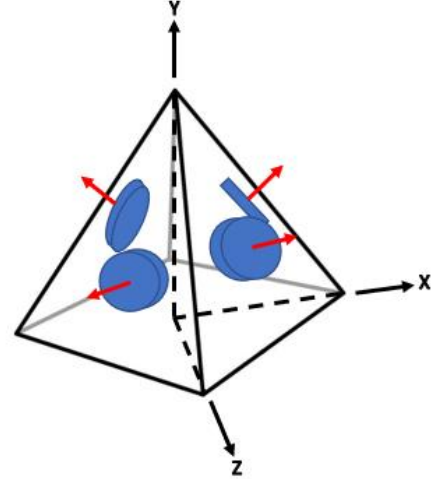


Figure 2. Square based pyramid structure used in reaction wheel configuration

The satellite consists of six thrusters as depicted in Figure 3. Thrusters are distributed over the satellite's north, east and west panels which allows the torque to be applied in any direction and the force to be applied in $+x$, $-x$ and $-y$ directions. Thus, orbit correction is planned regarding available force directions.

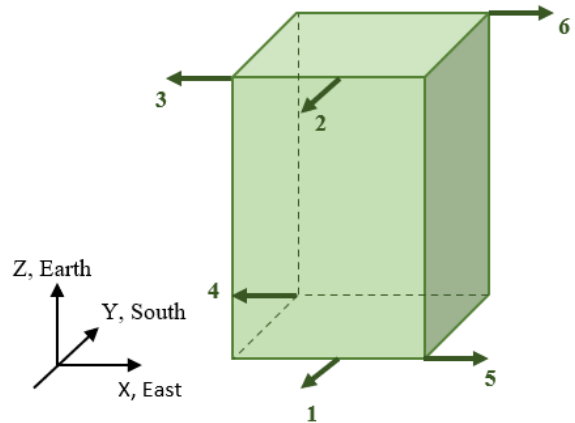


Figure 3. Placement of the thrusters

2.1.6. Guidance Algorithm

In GEO, satellite will be controlled according to the target frame \mathcal{F}_t which is referenced to the satellite's orbit. Note that z axis of the target frame is pointing the target point. The x axis is aligned with the velocity vector. The cross product of the x and z axes is the y axis which is opposite to the orbital plane normal. The x axis is normal to the position vector and positive in the direction of the velocity vector.

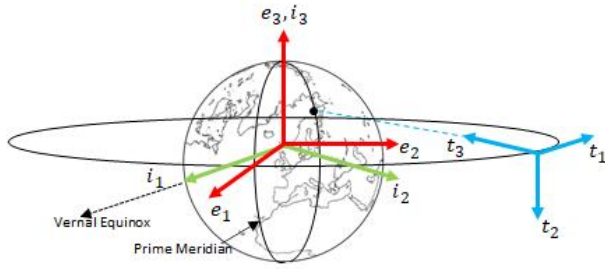


Figure 4. Target, ECI and ECEF frame used for guidance model

The Guidance algorithm calculates $\bar{q}^{(t/i)}$, $\bar{q}^{(t/b)}$, $\bar{w}_{b/t}^{(b)}$, $\bar{w}_{t/i}^{(t)}$. Using the satellite position $\vec{r}^{(i)}$ and velocity $\vec{v}^{(i)}$ vectors that are calculated in the Orbit model in \mathcal{F}_i , $\bar{q}^{(t/i)}$ is extracted from the attitude matrix. $\bar{q}^{(b/i)}$ is calculated by using the attitude kinematics. $\bar{q}^{(t/b)}$ is quaternion error between $\bar{q}^{(b/i)}$ and $\bar{q}^{(t/i)}$. The relationship between $\bar{w}_{b/t}^{(b)}$ and $\bar{w}_{b/i}^{(b)}$ is given as

$$\bar{w}_{b/t}^{(b)} = \bar{w}_{b/i}^{(b)} - \hat{C}^{(b,t)} \bar{w}_{t/i}^{(t)}. \quad (7)$$

where $\bar{w}_{b/t}^{(b)}$ indicates the angular velocity in body frame \mathcal{F}_b with respect to target frame \mathcal{F}_t , expressed in \mathcal{F}_b where $\bar{w}_{b/i}^{(b)}$ is obtained from attitude dynamics equations, $\bar{w}_{t/i}^{(t)}$ is function of $\dot{\bar{q}}^{(t/i)}$, and $\hat{C}^{(b,t)}$ is the rotation matrix that transforms coordinates from \mathcal{F}_t to \mathcal{F}_b . $\tilde{w}_{b/i}^{(b)}$ is the cross product matrix of $\bar{w}_{b/i}^{(b)}$ that can be computed as

$$\tilde{w}_{b/i}^{(b)} = \begin{bmatrix} 0 & -w_z & w_y \\ w_z & 0 & -w_x \\ -w_y & w_x & 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

2.1.7. Controller Design

The task of the control function is to set the attitude of the satellite to a desired value determined according to the reference frame. Attitude Controller calculates the desired amount of torque from the actuator using the desired attitude and angular velocity parameters. For attitude control, we propose a PD type controller where the parameters K_p and K_d are chosen with Sine Cosine Algorithm (SCA) (Mirjalili, 2016).

In attitude control problem, the objective is to minimize the integral of the saturated quaternion error while keeping the controller parameters in a practical range. The optimization problem can be formulated as follows

$$\begin{aligned} & \text{minimize } \int_0^{100} (\bar{q}_{err}^{(b/i)})^2 dt \\ & \text{subject to } K_p, K_d \leq 50000 \quad K_p, K_d \geq 1 \end{aligned} \quad (9)$$

where $\bar{q}_{err}^{(b/i)}$ is saturated quaternion error.

The internal and external torques applied to the satellite must be controlled in order to control attitude and keep the angular velocity of the satellite at the desired value. Angular momentum of the reaction wheels along their spin axes can be written as

$$\bar{H}_w^{(b)} = \sum_{i=1}^{n_{wheel}} J_{wi} w_{wi/b} \bar{u}_{wi}^{(b)}. \quad (10)$$

Due to the non-periodic and accumulated disturbing torques, the reaction wheels reach their momentum limit values and cannot generate more torque. Because of this, satellite cannot ensure the attitude. Therefore, the momentum unloading of the reaction wheels is needed in order to counteract this disturbance torques. The thrusters are given the torque command to reduce the speed of the reaction wheels. Control torque distributed to the thrusters is calculated as

$$\bar{u}_c^{(b)} = K_p \bar{q}_{err}^{(b/i)} - K_d \bar{w}_{b/t}^{(b)} - \tilde{w}_{b/i}^{(b)} \hat{J}_s^{(b)} \bar{w}_{b/i}^{(b)} + \bar{H}_w^{(b)}. \quad (11)$$

Obtained torque is distributed to six thrusters in the Thruster Allocation block shown in Figure 1.

The block shown at the bottom of the Figure 1 illustrates the reaction wheel control mechanism. We use a PI type controller to bring the wheels to desired speed. Note here that anti-windup part prevents integration wind-up in PI controller to eliminate the windup problem of the controller.

Table 2. Unit vector of the thruster

Thruster	Unit vector	Thruster	Unit vector	Thruster	Unit vector
1	$\bar{u}_{t1}^{(b)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	3	$\bar{u}_{t3}^{(b)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	5	$\bar{u}_{t5}^{(b)} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
2	$\bar{u}_{t2}^{(b)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	4	$\bar{u}_{t4}^{(b)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	6	$\bar{u}_{t6}^{(b)} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

2.2. Optimization Problem

2.2.1. SCA Algorithm

Sine-Cosine Algorithm (SCA) is a population-based heuristic optimization technique proposed by Mirjalili (2016) to solve optimization problems. SCA is based on sine cosine mathematical functions and uses these functions to explore and exploit space between two solutions in the search space to find the best solution.

SCA initially generates multiple random solutions. Also, it provides the best solution or moving them away. In addition, several random and adaptive variables are integrated into the algorithm to strengthen the exploration and exploitation are two extensive stages of the stochastic population-based optimization process, and the position update equations for SCA include these stages as below

$$X_i^{t+1} = \begin{cases} X_i^t + r_1 \times \sin(r_2) \times |r_3 P_i^t - X_i^t|, r_4 < 0.5 \\ X_i^t + r_1 \times \cos(r_2) \times |r_3 P_i^t - X_i^t|, r_4 \geq 0.5 \end{cases} \quad (12)$$

where X_i^t is the position of the current solution in i -th dimension at t -th iteration, P_i^t is position of the target point in i -th dimension at t -th iteration, and r_1, r_2, r_3, r_4 are random numbers with $r_4 \in [0,1]$.

In the above pair of equations, r_1 defines the next location region. It could be located either inside or outside the space between target and solution. r_2 determines how far the movement is towards or away from the target point. r_3 defines a random weight for the target and stochastically increases ($r_3 > 1$) or decreases ($r_3 < 1$) the effect of the target point in determining distance. Lastly, r_4 provides an equal transition from the sine function to cosine function or vice versa in Eq. (12).

The SCA algorithm has superior exploration and exploitation ability. Moreover, it escapes from the local optimum, and it converges quickly to the global optimum. Also, it has not been affected by the structure of the problem. The range of sine and cosine functions in Eq. (12) are adaptively adjusted with the given formula Eq. (13) to balance the exploration and exploitation stages of the algorithm.

$$r_1 = b - k \frac{b}{K} \quad (13)$$

where k is the current iteration, K is the maximum number of iterations, and b is a constant.

2.2.2. Convex Optimization Algorithm

Convex optimization algorithm is the class of minimization problems is used this study to describe the thruster allocation problem and assured global optimum solutions. The method for solving a nonlinear constrained quadratic optimization problem that can be formulated as

$$\begin{aligned} & \text{minimize: } f(y) \\ & \text{subject to: } h(y) = 0, \\ & y \geq 0 \end{aligned} \quad (14)$$

where the cost function and the constraints can be rewritten as

$$f(y) = \frac{1}{2} y^T y \quad (15)$$

$$h(y) = A_u y - u = 0 \quad (16)$$

where

$$u = \begin{bmatrix} F \\ \bar{u}_c^{(b)} \end{bmatrix} \quad (17)$$

is the desired thrust vector, F is the force generated in the maneuver direction (F_x or F_y), y is the thrust force vector. A_u is the 4×6 allocation matrix formed according to maneuver direction.

The optimization problem aims to minimize fuel consumption with limited thrusters' usage. For instance, if the satellite performs the East maneuver, $u_{ti,x}^{(b)}$ component of the $u_{ti}^{(b)}$ will be used. In this case, A_u becomes

$$A_{u,i} = F_{max} \begin{bmatrix} u_{ti,x}^{(b)} \\ \bar{r}_{ti}^{(b)} \times \bar{u}_{ti}^{(b)} \end{bmatrix} \quad (18)$$

where F_{max} is the maximum allowable thrust, $u_{ti,x}^{(b)}$ is the x component of the i -th thruster unit vector. $\bar{r}_{ti}^{(b)}$ is position of the i -th thruster, which is given in **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** $\bar{r}_{ti}^{(b)} \times \bar{u}_{ti}^{(b)}$ denotes the torques provided by the i -th thruster.

The optimization algorithm guarantees global optimum solutions which provide proper thrusters' usage. The forces and torques provided by thrusters can be computed as follows

$$\begin{aligned} \bar{F}_t^{(b)} &= F_{max} \sum_{i=1}^6 \bar{u}_{ti}^{(b)} y \\ \bar{J}_t^{(b)} &= F_{max} \sum_{i=1}^6 \bar{r}_{ti}^{(b)} \times \bar{u}_{ti}^{(b)} y \end{aligned} \quad (19)$$

Using $\bar{J}_t^{(b)}$ and $\bar{F}_t^{(b)}$ one can express Eq. (5) and Eq. (1), respectively.

3. Results and Discussion

The simulations are performed to verify the efficiency of the optimization algorithm in terms of the ability to keep satellite within a station-keeping window of ± 0.01 degrees longitude and ± 0.05 degrees latitude, while the maximum error in the Euler angles (roll, pitch, yaw) are ± 0.05 degrees. The attitude of the satellite with respect to \mathcal{F}_i at the beginning of the simulation is produced with 2-1-3 Euler series angles. Therefore, the quaternion is produced without any singularity. The mass of the satellite is chosen as $m = 1875 \text{ kg}$, center of mass $CoM = [0,0,2]^T m$, and the inertia of the satellite is chosen as

$$\hat{J}_s^{(b)} = \begin{bmatrix} 10000 & 0 & 0 \\ 0 & 5000 & 0 \\ 0 & 0 & 9000 \end{bmatrix}$$

The initial satellite states are listed in Table 2. The satellite is propelled by six thrusters whose positions are given in Table 3. For practical reasons, we restrict the magnitude of the thrusts to $F_{max} = 10 \text{ N}$. In this simulation, the satellite performs the East maneuver and $F_x = 15 \text{ N}$. The attitude of the satellite is

controlled by four reaction wheels. The speed range of the reaction wheels are assumed to be equal to $\pm 4500 \text{ rpm}$. Inertia of the reaction wheels about their spin axis is chosen as $J_{w/wi} = 0.1 \text{ kgm}^2$. The torque range of the reaction wheels is $\pm 0.22 \text{ Nm}$. In order to solve the differential equations related with satellite attitude and orbital dynamics, Runge-Kutta 4 method is used with a step size of 0.05 sec . The optimal attitude control gains are calculated using SCA as $K_p = \text{diag}[1890.7, 4005, 878.5]$ and $K_d = \text{diag}[1499.1, 1483.9, 903.7]$. Wheel speed control gains are chosen as $K_{p,w} = 0.457, K_{i,w} = 0.459$ and $K_{t,w} = 10.47$.

The parameters used in station-keeping and momentum unloading simulations are obtained from the optimization procedure discussed in Section 2. Figure 5a shows that the reaction wheels accelerate to the desired speeds. The speed of the reaction wheels fixes to $-100 \text{ rad/sec} = 954.92 \text{ rpm}$ as can be seen from Table 2 and the initial speed of RW1 and RW4 is -1200 rpm . Because of this, RW1 and RW4 reach the desired speed in a longer time than RW2 and RW3. Figure 5b shows torques of each reaction wheel. As can be seen from the figure, torques are approaching to zero, which means that the momentum of the reaction wheels is unloaded. Due to the friction torques of the wheel, torques are not definitively zero. Furthermore, Figure 5c illustrates the thrusters torque commands from the attitude controller in the $x, y,$ and z axes.

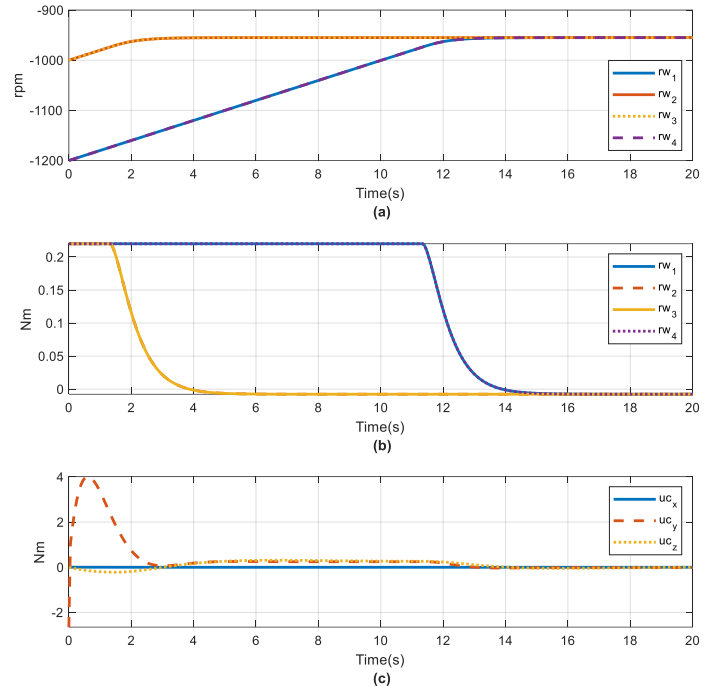


Figure 5. a) RW speed, b) RW torque command, c) Thruster torque command

Table 3. Initial satellite states

Satellite position in \mathcal{F}_i (km)	-3396.7311 42037.9430 -32.3488
Satellite velocity in \mathcal{F}_i (km/s)	-3.0637 -0.2487 0.0024
Target position in \mathcal{F}_e (km)	4700 4200 0
Attitude Roll-Pitch-Yaw (deg)	85.3589 89.4571 -90.5866
Rates (deg/sec)	0 -0.0042 0
RW Speeds (rpm)	RW1 -1200 RW2 -1000 RW3 -1000 RW4 -1200

Table 4. Positions of the thrusters

Thruster	Position in \mathcal{F}_e (m)
1	$\bar{r}_{t1} = [0, -1, 0]$
2	$\bar{r}_{t2} = [0, -1, 4]$
3	$\bar{r}_{t3} = [-1, -1, 4]$
4	$\bar{r}_{t4} = [-1, 1, 0]$
5	$\bar{r}_{t5} = [1, -1, 0]$
6	$\bar{r}_{t6} = [1, 1, 4]$

Figure 6 shows the quaternion error as a function of time. As can be observed, quaternion error is within the acceptable limits for GEO satellite. Roll-pitch-yaw error angles are depicted in Figure 7a which shows that the constraints on the error angles are satisfied. Figure 7b shows the satellite angular rates.

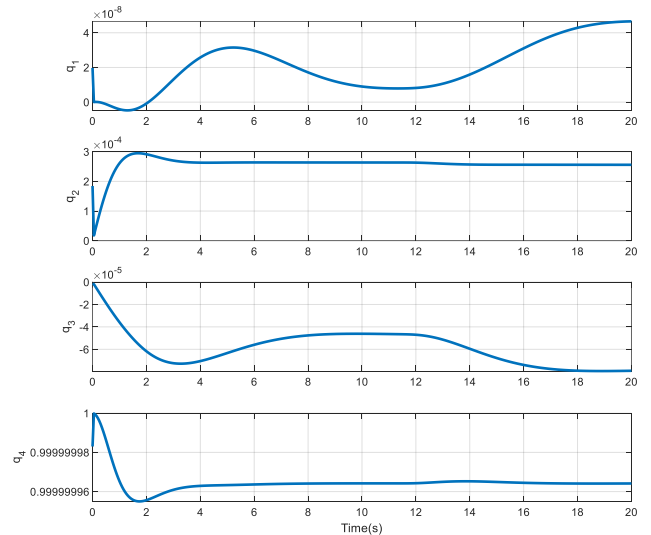


Figure 6. Quaternion error

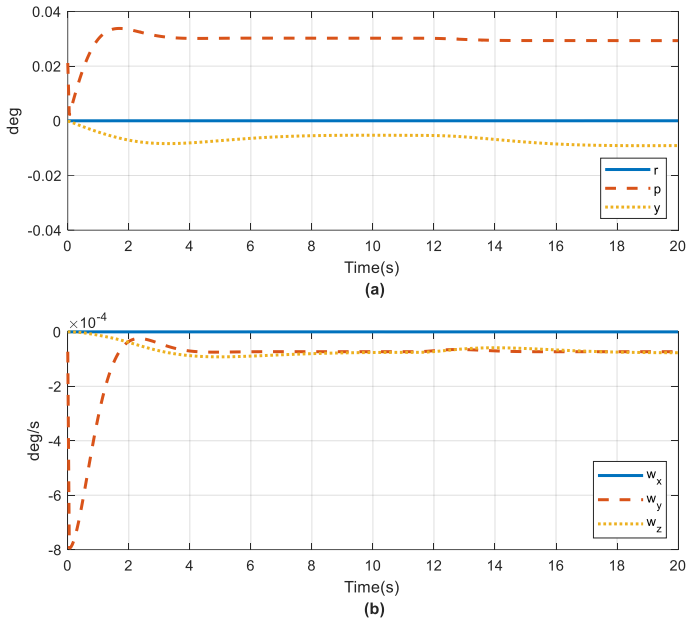


Figure 7. The errors in a) Euler angles, b) Angular velocity

4. Conclusions

In this paper, we proposed a control allocation method that suggests simultaneous orbit correction and momentum management. We obtained the optimal control parameters that reduce the use of chemical thrusters in GEO satellites. With the methods proposed in this paper, the satellite is maintained to point to an area on Earth while ensuring both orbital correction and momentum unloading. The reaction wheel speed controller has allowed the dumping of the momentum from the reaction wheels. Numerical simulations are presented to verify the effectiveness of the method.

References

- Park, B., Tank, M., Bang, H., Park, C., & Jin, J. (2005). A new approach to on-board stationkeeping of GEO-satellites. *Aerospace Science and Technology*, 722-731.
- Chao, C. C., & Baker, J. M. (1983). On the propagation and control of geosynchronous orbits. *Journal of the Astronautical Sciences*, 31, 99-115.
- Curtis, H. (2010). *Orbital Mechanics for Engineering Students*. Daytona Beach Florida: Butterworth-Heinemann.
- Emma, B. P., & Pernicka, H. J. (2003). Algorithm for Autonomous Longitude and Eccentricity Control for Geostationary Spacecraft. *Journal of guidance, control, and dynamics*, 26(3), 483-490.
- Bruijn, F., & Theil, S. (2016). Geostationary Satellite Station-Keeping Using Convex Optimization. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol.39, No.3.
- Losa, D. (2007). *High vs Low Thrust Station Keeping Maneuver Planning for Geostationary Satellites*. Paris: École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Guelman, M. M. (2014). Geostationary satellites autonomous closed loop station keeping. *Acta Astronautica*, 9-15.
- Markley, F. L., & Crassidis, J. L. (2014). Attitude Kinematics And Dynamics. In *Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control* (pp. 67-84). New York: Springer.

Mirjalili, S. (2016). SCA: A sine cosine algorithm for solving optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 96, 120-133.

Özgören, M. K. (2007). Kinematic Analysis of Spatial Mechanical Systems Using Exponential Rotation Matrices. *Journal of Mechanical Design*, 129, 1144-1152.

Satpute, S., & Emami, M. R. (2019). Concurrent Station Keeping and Momentum Management of Geostationary Satellites. *The Journal of the Astronautical Sciences*, 66, 341-360.

Shrivastava, S. K. (1978). Orbital Perturbations and Stationkeeping of Communication Satellites. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 15(2), 67-78.

Thomas, D. (2016). *A Comparison of GEO Satellites Using Chemical and Electric Propulsion*. Retrieved from www.colorado.edu.

Weiss, A., Kalabic, U. V., & Cairano, S. D. (2018). Station keeping and momentum management of low-thrust satellites using MPC. *Aerospace Science and Technology*, 76, 229-241.



Adaptive Genetic Algorithm Renewed by Migration Operator

Rabia Korkmaz Tan^{1*}, Şebnem Bora²

¹ Tekirdağ Namık Kemal University, Çorlu Engineering Faculty, Department of Computer Engineering, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3777-2536), rkorkmaz@nku.edu.tr

² Ege University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, İzmir, Turkey (ORCID: 0000-0003-0111-4635) sebnem.bora@ege.edu.tr

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.959683)

ATIF/REFERENCE: Korkmaz Tan, R. & Bora, Ş. (2021). Adaptive Genetic Algorithm Renewed by Migration Operator. *European Journal of Science and Technology*, (26), 383-388.

Abstract

In the present study, the Genetic Algorithm and the developed Adaptive Genetic Algorithm are used to solve optimization problems faced in modeling of complex systems. While using the Genetic Algorithm and the Adaptive Genetic Algorithm, the most important problem encountered is that these algorithms are prone to getting stuck in local bests. For example, in the complex system data optimization process using the Genetic Algorithm, it has been observed that it is frequently fitted to local bests in a certain period of time. The reasons are that, many mutations cannot be performed in the limited number of iterations, and because the number of individuals is limited, the population is filled with the same set of solutions in a short time. Therefore, the migration operator has been added to the Genetic Algorithm and the Adaptive Genetic algorithm in order to avoid local bests and to provide that these algorithms search in a wider area of the large search space of complex systems. In the present study, we have tested these algorithms using the migration operator in the Lotka Volterra Model. When the results are examined, it is observed that the Adaptive Genetic Algorithm with migration operator outperforms the Genetic Algorithm and the targeted success is achieved in complex system optimization. In the rest of the paper, the algorithms used in the Method Section are explained with outlines. In the Experimental Studies Section, the different algorithms are tested and compared with each other in the Lotka-Volterra model and numerical test functions. In the Conclusions and Discussions Section, brief information is given about general results and future studies.

Keywords: Complex Systems, Genetik Algorithm, Adaptive Genetic Algorithm, Migration Operator, Optimization.

Göç Operatörü ile Yenilenen Uyarlanabilir Genetik Algoritma

Öz

Bu çalışmada, karmaşık sistemlerin modellenmesinde karşılaşılan optimizasyon problemlerine yönelik çözüm üretmek amacıyla Genetik Algoritma ve geliştirilen Uyarlanabilir Genetik Algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmaları kullanırken karşılaşılan en önemli problem, bu algoritmaların yerel en iyilere takılmasıdır. Örneğin, Genetik Algoritma kullanıldı ğında karmaşık sistem veri optimizasyon işleminde, belirli bir süre içinde yerel en iyilere sıklıkla takıldığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, sınırlı sayıda iterasyonlarda çok fazla mutasyon gerçekleştirilemeyip birey sayısının sınırlı olmasından dolayı kısa sürede popülasyonun aynı çözüm kümesi ile dolmasıdır. Buradan yola çıkarak Genetik ve Uyarlanabilir Genetik Algoritmalara göç operatörü ekleyerek daha geniş alanda arama yapmaları ve yerel en iyilerden kaçınmaları sağlanmıştır. Bu çalışmada Lotka Volterra modeli kullanılarak göç operatörünün kullanıldığı bu algoritmalar test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde göç operatörünün eklendiği Uyarlanabilir Genetik Algoritmanın Genetik Algoritmadan çok daha başarılı olduğu gözlemlenmiş olup, karmaşık sistem optimizasyonunda hedeflenen başarı yakalanmıştır. Çalışmanın devamında Metot bölümünde kullanılan algoritmalar ana hatları ile açıklanmaktadır. Deneysel sonuçlar bölümünde kullanılan farklı algoritmalar lotka-volterra modelinde ve nümerik test fonksiyonların test edilip birbirleri ile karşılaştırılmaktadır. Sonuç ve tartışma bölümünde genel sonuçlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karmaşık Sistemler, Genetik Algoritma, Uyarlanabilir Genetik Algoritma, Göç Operatörü, Optimizasyon.

* Corresponding Author: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3777-2536, rkorkmaz@nku.edu.tr

1. Introduction

Complex Systems is a system in which large networks of components with lack of centralized control and simple behaviours' rules lead to complex collective behavior, sophisticated information processing, and adaptation to the changes in the environment. In complex systems, components of the system produce complex behaviours in hard to predict ways and these macroscopic behaviors of the system are called emergent behaviours.

Modeling and simulation techniques are mostly used to facilitate the examination of these systems, which are difficult and costly to examine in the real environment (Di Marzo et al., 2011; Kaddoum, and George, 2012, Guivarch, 2012). Growth of the size of complex systems and possession of large data spaces make the desired emergent behavior hard to appear in the simulation environment. However, only modeling and simulation is not capable of the optimization processes of data space of complex systems (Korkmaz Tan & Bora, 2017a). Therefore, there is a need of a system to optimize these data spaces. Unfortunately, classical optimization methods are not capable of optimizing large and non-linear data spaces of complex systems. Because of this today, meta heuristic algorithms (MHA) are often used in the solution of optimization problems. It has been supported by studies that MHAs are the most appropriate methods that can be used to solve optimization problems of complex systems in modeling and simulation (Calvez, 2007; Salwata, 2010).

Genetics Algorithm (GA) frequently used in optimization processes, has been used in this study. GA is a meta heuristic search algorithm inspired by the process of natural selection and genetics using mutation and crossover methods; thus, it aims to provide a solution to the optimization problem in modeling and simulation of complex systems (Imbault, 2004). The use of GA was preferred in this study, as it searches large data space much faster than classical methods and successful results are achieved, especially when the solution area is large, discontinuous and complex. However, some of GA's problems were encountered during the study and by solving these problems, GA optimization has been made into a more successful algorithm compared to the original algorithm. The problem first encountered was that GA often converged to local bests. In order to solve this problem, the migration operator has been added to the GA. Thus, the problem of getting stuck in the local best was solved while searching in the large search space.

Second problem is the necessity of adapting the strategic parameters of GA to the problem. Optimal strategic parameter values are critical in finding optimum or near-optimum results by the algorithm. Therefore, GA's strategic parameter variables need to be adapted to the problem in this study since getting strategic parameter values to solving the problem improves the performance of the algorithm and enables it to reach the most appropriate solution. In this study, strategic parameters of GA were adjusted using the iterative F-Race algorithm (Birattari et al., 2010). Thus, Adaptive Genetic Algorithm (AGA) was

developed, whose strategic parameters are adapted to the problem in this study.

2. Material and Method

2.1. Genetic Algorithm

Holland's GA aims to find the best solution or a result close to the best solution intuitively by using the genetic coding structure of living creatures. Searching large search spaces using classical methods takes a long time and increases the cost. A genetic algorithm can find a solution that is sufficient to meet the expectation in a short time. GA is especially successful in optimization for multidimensional large data spaces of complex systems and GA finds the best solution without getting stuck in local best according to the principle of survival of the best in complex, wide, discontinuous, and multidimensional data space (Korkmaz Tan & Bora, 2017b).

Each of the GA parameters is represented as a gene in biology, whereas the parameter set represents chromosomes. Each chromosome of GAs provides a solution set, these solution sets come together and they form populations. The fitness value of chromosomes, is maximized or minimized depending on the problem and within certain rules. The new generations are obtained by gene exchange of solution sets with the best fitness in the first population. Genetic algorithms include selection, crossover, mutation, and migration operators examined in this study (Korkmaz Tan & Bora, 2017a).

2.2. Genetic Algorithm Operators

2.1.1. Selection Operator

Selection allows new solution sets (i.e. individuals) with crossover techniques by grouping Selected Solution sets in pairs (Fırlalı and Engin, 2010). In this study, roulette wheel and tournament method were used.

2.1.2. Crossover Operator

Crossover operator is the operator used to produce better solution sets compared to solution sets with the best fitness value. Cross match is applied to solution sets thrown into the pool (Jang, 1997). One-point and two-point crossover methods are used in the study.

2.1.3. Mutation Operator

Due to the principle of conservation of good individuals in GA over time, the gene sequence of individuals are similar to each other and, thus; it negatively affects diversity of gene sequence of individuals, i.e., the searching process in the large data space. Therefore,, new individuals with reduced diversity in other words, new solution sets are created.

2.1.4. Migration Operator

In order to enable GA to search in a wider area of the large search space of complex systems, the migration operator was used in this study. When using original GA, it is observed that complex system model parameters are prone to getting stuck in local bests within a specified time in the tuning process. The reasons are that, many mutations cannot be performed in the limited number of iterations, and because the number of individuals is limited, the population is filled with the same set of solutions by processing 10 solution sets originally produced at the initial. It's a problem that shows the algorithm is fitted to the

local best. Therefore, the migration operator has been added to the Genetic Algorithm and the Adaptive Genetic algorithm in order to avoid local bests.

Although the use of the migration method is slightly different from the parallel genetic algorithm (Korkmaz Tan & Bora, 2019, 2020; Rebaudengo and reorda, 1992), this study shows that the use of migration operator enables to search in a wider area of the large search space of complex systems and it provides better solutions to the problem caused by sticking at local bests compared to the genetic algorithm and parallel genetic algorithm. Migration operator removes an individual with the poor fitness value from the population by the reverse roulette wheel method (the worst individuals most likely to be selected) and it generates a random set of solutions and includes them in the population. Migration is adjusted to be performed once in each iteration.

2.3. Iterated F-Race Algorithm

Iterated F-Race Algorithm is also seen as a simple form of a sequential model-based method since it is a multiple-phase method that exemplifies a distribution, F-Race algorithm starts working with random parameters for problem examples and F-Race erases the worst values according to statistical tests that it uses as if it is in a race. In the iterative F-Race algorithm, this process continues as cycles during a defined number of iterations and in each cycle new parameter sets are determined by using best candidate parameter values generated in the previous step. Critical parameter values found by Iterative F-Race algorithm are given to the algorithm. Then, the algorithm is run for adjusting model parameters.

If the fitness value is improved, this critical parameter values are added to the critical parameter array created to be given to the F-Race. The success of adjusting the model parameters of the algorithm is tested by manually giving the algorithm the best critical parameter values found when maximum iteration is reached.

2.4. Adaptive Genetic Algorithm (AGA)

The genetic algorithm has some strategic parameter variables. Some of these variables are genetic crossover method, parental selection percentage, mutation rate, and parental selection method. These parameters are required to be defined in the genetic algorithm and they can take different values in each problem. It is quite difficult to manually determine the best values for each problem. In this study, the necessity of adapting the strategic parameter values of GAs to the problem is discussed. Because finding specific solutions to the problem in which the GA algorithm is used, depends on the strategic parameter values it has. Taking the values of the strategic parameter of GAs suitable for the solution of the problem directly affects the performance of the algorithm and it ensures that the most appropriate solution for the problem is reached. GA is an algorithm developed independent of the problem. It has been observed that when GA is successful in solving some problems, it has not achieved the same success in solving different problems with the same strategic parameter values . Therefore, GA should be adaptable to the problem where it is used in. In order to avoid local bests and increase the speed of approaching the optimum solution, these values should be updated in line with the feedback while the algorithm is running. Strategic parameter values of GAs are set using the Iterated F-Race algorithm, and the GA algorithm has been transformed into

an algorithm adaptable to the problem. The pseudo code of the Adaptive Genetic Algorithm (AGA) specially developed for the problem is given below.

Adaptive Genetic Algorithm

```

for pop=1 to maxPop /*for all the individuals in the
population*/
  for par=1 to maxPar do /*maxpar: maximum number of
parameters*/
    randomly identify genes in individuals' chromosomes
  end for
  computing the fitness values of solution sets.
end for
do
if fraceCondition=false then
  pArray ← par /*cross, parentSelection,
parentSelectionPercent, mutation*/
/* all the critical values are taken from the manually specified
parameter.xml fil*/
else
  pDizi ← F-Race /*cross, parentSelection,
parentSelectionPercent, mutation*/
/*all critical values are determined by the frace algorithm*/
end if
for i=0 to parentSelectionPercent
  select 2 individuals by selection method
  make a crossing over between 2 individuals
  apply mutation condition
  apply migration methods
end for
  iteration=iteration + 1
while (iteration < =maxIteration)

```

3. Experimental Studies

3.1. Applied Model

In order to test the proposed approach, the model of the ecosystem of wolf and sheep namely, Lotka-Volterra Model was examined. The parameters that affect the sustainability of this ecosystem were determined and those parameters were adjusted according to the objectives of the ecosystem. There are three agents in the model: wolf, sheep and grass. The wolf and sheep agents move in a randomized fashion. Both the wolf and sheep agents are in need of energy in order to move in the environment. Because of this, both of them are initialized with a certain level of energy. As the wolf and sheep agents move around the environment, they consume a predetermined amount of energy. If in any case, the energy levels of these two agents drop to zero, they cease to exist. In order to increase their energy levels with the purpose of survival, a wolf hunts sheep and a sheep consumes grass. To further illustrate, if a wolf agent meets a sheep agent, the same wolf agent consumes the sheep agent and acquires energy in accordance with a predetermined parameter value *wolfgainfromfood*. In parallel with a wolf agent, if a sheep agent meets with a living grass agent, just like a wolf consumes sheeps, the sheep agent consumes the grass agent, acquiring a predetermined amount of energy in accordance with the parameter value *sheepgainfromfood*. At the beginning of the simulation, the grass agent is initialized to every grid and they grow at a rate parameter of *grassregrowthtime*. If the grass gets consumed by the sheep agent, in time, it regenerates. The life expectancy of the grass agent is randomized, meaning after a

certain amount of random time, it ceases to exist and regenerates again (Korkmaz Tan & Bora, 2019).

3.2. GA Optimization Results

The parameter values after the parameter optimization operation in the Lotka-Volterra model are presented in Table 1. The Model is run 20 times. From this table, it can be observed

that after the 10th iteration all the parameter values converge to similar values. From this observation, it is concluded that the Genetic Algorithm is getting stucked at the local bests. Therefore, to achieve a wider search, a migration operator was added to the GA . Later, the Lotka-Volterra model is iteratively run for 20 times in total in order to provide parameter optimization by GA with a migration operator.

Table 1. Solution Sets of Lotka-Volterra Model Dataset Optimized Using GA.

Iteration	Individual	Sheep Count	Wolf Count	Sheep Energy	Wolf Energy	Sheep Reproduction	Wolf Reproduction	Grass Regrow	Fitness
8	9	82	68	7,10	18,2	4,7	3,9	41	0,676
8	10	82	68	7,10	22,6	4,7	3,7	24	0,199
9	1	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,709
9	2	82	68	7,10	18,2	4,7	3,9	41	0,737
9	3	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	24	0,208
9	4	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,478
9	5	82	68	7,10	18,2	4,7	3,9	41	0,757
10	1	82	68	7,10	18,2	4,7	3,9	41	0,494
10	2	82	68	7,10	18,2	4,7	3,9	41	0,737
10	3	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,504
10	4	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	24	0,718
10	5	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,155
11	1	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,731
11	2	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,766
11	3	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,23
11	4	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,758
11	5	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,489
12	1	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,701
12	2	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,498
12	3	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,744
12	4	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,721
12	5	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,724
13	1	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,796
13	2	82	68	7,10	18,2	4,7	4,8	41	0,784

In every iteration, 10 solution sets are singularly run for the model and, for each solution set, a fitness value is calculated. When Table 2 is evaluated, it is seen that the GA algorithm with the migration operator by producing more diverse solution sets, finds better solution sets in a wider data space until the end of 20th iteration. Considering the parameter adjusting operation, it is observable that different parameters are obtained until the end of the last iteration. Also, we can observe the evaluation of optimization of GA and AGA by running 10 times and taking the average of the solution set in Table 3. For the minimization operation in GA, the best fitness value is determined to be 0

while worst acceptance value is to be 1. When GA and AGA are compared, we can see that AGA comes up with better solutions as demonstrated in the fitness value and improvement value.

3.3. Parameter Adjusting in Modeling And Simulation

Complex systems tend to be modelled in agent based modelling. The algorithm that is developed is tested in Lotka-volterra model which is also a complex system model. In this study, the Lotka-volterra dataset are optimized by using the GA and AGA and successes of GA and AGA are compared.

Table 2. The Result Of The Ga With Migration Operator Run in The Lotka Voltera Simulation in The Parameter Optimization Problem

Generation (Iteration)	Individual	Sheep Count	Wolf Count	Sheep Energy	Wolf Energy	Sheep Reproduction	Wolf Reproduction	Grass Regrow	Fitness
16	7	135	68	6,9	17,2	7,5	9,7	44	0,441
16	8	135	68	6,9	19,2	7,5	3,4	44	0,718
16	9	135	68	6,2	17,2	7,5	3,4	44	0,812
16	10	135	68	6,9	17,2	7,5	12,8	44	0,394
17	1	135	68	6,9	17,2	7,5	3,4	44	0,896
17	2	135	68	6,9	17,2	7,5	3,4	58	0,317
17	3	135	68	6,9	17,2	7,5	12	44	0,429
17	4	135	68	6,2	32,7	7,5	3,4	44	0,3
17	5	135	68	6,9	17,2	11	3,4	44	0,753
18	1	135	68	6,9	17,2	7,5	3,4	44	0,896
18	2	232	68	6,9	19,9	7,5	3,4	44	0,688
18	3	136	68	6,9	17,2	14,5	3,4	44	0,3
18	4	135	68	6,9	37,3	7,5	3,4	44	0,1
18	5	183	68	6,9	17,2	7,5	3,4	44	0,812
19	1	135	68	6,9	17,2	7,5	3,4	44	0,896
19	2	135	68	6,9	28	7,5	3,4	44	0,3
19	3	330	68	6,9	19,9	9,1	3,4	44	0,812
19	4	135	68	6,9	17,2	6,5	3,4	44	0,898
19	5	183	246	6,9	17,2	7,5	3,4	44	0,306
20	1	135	68	6,9	17,2	7,5	3,4	44	0,896
20	2	159	68	6,9	17,2	9,1	3,4	44	0,606
20	3	135	68	6,9	17,2	6,5	3,4	51	0,447
20	4	135	68	6,9	17,2	6,5	3,4	44	0,598
20	5	135	68	6,9	28	6,5	3,4	22	0,1

To optimize Lotka-voltera dataset, the algorithm is run 10 times and each run is performed in 20 iterations. For each iteration, the number of cycles symbolizing the step time is set to 2000. The averages of results achieved from the algorithm are given in the Table 3. The main aim of the Lotka-voltera model is survival of the species. In this study, the Genetic Algorithm with migration operator (migration-GA) and the Adaptive Genetic Algorithm with migration operator (migration-AGA) were developed to find out the best parameter set that achieves the survival of the species. When looked at the number of cycles in Table 3, migration-GA is shown to end quicker than migration-AGA. The reason why the migration-GA ends quicker is that the species goes extinct quicker when a given solution set is applied to the model. Also, as the fitness value closer to zero, it is shown that the solution set comes closer to the ideal solution set where the solution set is more prone for survival of species. So, given that the program works 10 times and for each it iterates 20 times, migration-AGA have better fitness values in consideration of average fitness values.

Initial best fitness value is the fitness value obtained from the first solution set (parameter set) in the first iteration. Given that the model run 10 times and for each it iterates 20 times, the best fitness value is the value obtained by taking the average of all fitness values during the model running 10 times. It is seen that migration-AGA have better fitness values in consideration of average fitness values. Improvement difference gives the difference between Initial best fitness and best fitness values. Improvement value is the the average of the number of improvements in all the iterations and it is given as the average of all improvement values obtained from each run in the table.

When the table is examined, it is seen from the results obtained that Migration-AGA makes much more improvement than Migration-GA . In this case, Migration-AGA which adapts its parameters to the problem is more successful than Migration-GA algorithm in solving complex systems.

Table 3. Results of GA and AGA Algorithms Developed with The Migration Operator Used to Optimize The Lotka-Volterra Model Dataset.

Algorithm	Step Time	Average fitness value	Initial best fitness value	Best fitness value	Improvement difference	Average local fitness value	Average global fitness value	Improvement Number
Migration-GA	11441	0,799753	0,8555	0,183812	0,624988	0,311543	0,311543	2
Migration-AGA	155234,22	0,366663	0,284967	0,030995	0,207272	0,099049	0,091935	4,6

4. Results and Discussion

In this study, the success of the Genetic Algorithm on data set optimization process in modeling and simulation of complex systems was tested on Lotka Volterra model, which was a complex system model. In the complex system's data optimization process using the Genetic Algorithm, it has been observed that it is frequently stucked at local bests in a certain period of time. In order to solve that problem, the mutation operator was added to the Genetic Algorithm.

As results are examined it is seen that adding the mutant operator to the genetic algorithms provides that the search is performed in a wider area of the large search space of complex systems and the solution sets have better fitness values.

Also, the Adaptive Genetic Algorithm we developed has the ability to be adapted to problems. Success of the Migration-AGA and Migration-GA algorithms to which migration operator was added were tested on the Lotka-volterra model and their performance were compared. In the direction of the results obtained from the tests at the end of the study. Migration-AGA provides much better solution sets compared to the other algorithms examined in this study.

Referances

- Birattari, M., Yuan, Z. Balaprakash, P., & Stützle, T. (2010). *Experimental Methods for the Analysis of Optimization Algorithms*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Calvez B., & Hutzler G. 2007. Adaptive Dichotomic Optimization: a New Method for the Calibration Of Agent Based Models, *21st Annual European Simulation and Modelling Conference (ESM 2007)*, Malta, 415-419.
- Di Marzo Serugendo, G., Gleizes, M.P., & Karageorgos, A. (2011). *Self-organising software from natural to artificial adaptation*, first editör, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Fırlalı A., & Engin O. (2002). Genetik algoritmalarla akış tipi çizelgelemede üreme yöntemi optimizasyonu, *İTÜ Dergisi*, 1-6.
- Guivarch, V., Camps, V., & Peninou, A. (2012). AMADEUS: an adaptive multi-agent system to learn a user's recurring actions in ambient systems, *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 3 (1): 1-10.
- Imbault, F., & Lebart, K. (2004). A stochastic optimization approach for parameter tuning of support vector machines, *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition*, 2004. ICPR, Cambridge, 597- 600.
- Jang, J.S.R. (1997). *Neuro-Fuzzy and soft computing, A Computational Approach To Learning and Machine Intelligence*, Derivative- Free Optimization, Prentice-Hall, USA.
- Kaddoum, E. & George, J.P. (2012). Collective self-tuning for complex product design (short paper), in *IEEE International Conference on Self- Adaptive and Self-Organizing Systems(SASO)*, Lyon, CPS, (electronic medium).
- Korkmaz Tan, R., & Bora, S. (2017a). Parameter tuning algorithms in modeling and simulation, *International Journal Of Engineering Science and Application*, 1 (2): 58-66.
- Korkmaz Tan, R. & Bora, S. (2017b). Parameter tuning of complex systems modeled in agent based modeling and simulation, *World Academy of Science, Engineering and*

- Technology International Journal of Computer and Information Engineering*, 11 (12): 1301-1310.
- Korkmaz Tan, R., & Bora, S. (2019). Adaptive parameter tuning for agent-based modeling and simulation. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International 2019*; 95 (9): 771–796.
- Korkmaz Tan, R., & Bora S.,(2020). Adaptive modified artificial bee colony algorithms (AMABC) for optimization of complex systems, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 28 (5): 2602-2629
- Rebaudengo, M., & Reorda, M.S. (1992). An experimental analysis of effects of migration in parallel genetic algorithms, *EWPDP93:IEEE/Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing, Gran Canaria (E), Gennaio*, 232-238.
- Salwala, C. Kotrajaras, V. & Horkaew, P. (2010). Improving performance for emergent environments parameter tuning and simulation in games using GPU, *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on*, 2: 37-41.



Battery State of Health and Charge Estimation Using Machine Learning Methods

Enes Malik Şahin^{1*}, Savaş Şahin², İbrahim Tanağardığıl³

^{1*} İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical Electronics Engineering, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5458-0467), enesmlk314@gmail.com

² İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical Electronics Engineering, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2065-6907), sahin.savas@yahoo.com

³ Tescom Sanayi ve Ticaret A.Ş. Ar-Ge Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5977-6482), ibrahim.tanagardigil@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.959630)

ATIF/REFERENCE: Şahin, E., Şahin, S., & Tanağardığıl, İ. (2021). Battery State of Health and Charge Estimation Using Machine Learning Methods. *European Journal of Science and Technology*, (26), 389-394.

Abstract

In this study, state of health (SOH) and state of charge (SOC) estimation of series connected batteries were evaluated for their charge and discharge durations. For this purpose, an ARM-based electronics card module was developed for observing instantaneous batteries voltage, current and temperature values during the charge and discharge process. The implemented microcontroller based card module gathers data from the current, voltage, and temperature sensors and it transfers to the computer environment via serial communication port. A specific human machine interface is designed via app-designer. The obtained variables were used for estimating regression models of the machine-learning toolbox. Random forest, decision tree, polynomial, extreme gradient boosting, linear and gradient boosting regression models were used for instantaneous SOH and SOC estimation for batteries during the charge-discharge period. Root Mean Square Error (RMSE) and R^2 score results were used for performance evaluation of regression models. When the RMSE and R^2 score results were compared, the decision tree regression model was the regression model that made the most accurate SOH and SOC estimation and the results were presented.

Keywords: State of Charge, State of Health, Microprocessor, Machine learning, Regression models.

Makina Öğrenmesi Metotları Kullanılarak Batarya Sağlık ve Şarj Durumunun Kestirimi

Öz

Bu çalışmada, seri bağlı pillerin sağlık durumu (SOH) ve şarj durumu (SOC) tahminleri şarj ve deşarj süreleri boyunca değerlendirilmiştir. Bu amaçla, şarj ve deşarj işlemi sırasında anlık akü voltajı, akım ve sıcaklık değerlerini gözlemlemek için ARM tabanlı bir elektronik kart modülü geliştirilmiştir. Uygulanan mikrodenetleyici tabanlı kart modülü akım, gerilim ve sıcaklık sensörlerinden verileri toplayarak seri haberleşme portu üzerinden bilgisayar ortamına aktarır. App-designer aracılığı ile belirli bir insan makine arayüzü tasarlanmıştır. Elde edilen değişkenler kullanılarak kestirim yapmak için, makine öğrenimi araç kutusunun regresyon modelleri kullanılır. Bataryalar için şarj-deşarj süresi boyunca anlık SOH ve SOC tahminlemesinin yapılması için, rasgele orman, karar ağacı, polinom, aşırı gradyan artırma, doğrusal ve gradyan artırıcı regresyon modelleri kullanıldı. Regresyon modellerinin performans değerlendirmesi için Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) ve R^2 skor sonuçları kullanılmıştır. RMSE ve R^2 skor sonuçları karşılaştırıldığında, karar ağacı regresyon modeli en doğru SOH ve SOC kestirim yapan regresyon modeli olmuştur ve sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Şarj Durumu, Sağlık Durumu, Mikroişlemci, Makine Öğrenmesi, Regresyon modelleri

* Corresponding Author: xxxx@xxx.xx.xx

1. Introduction

Series connected battery packs are used as energy storage systems (ESS) for electrical devices such as booster converters, uninterruptible power supply (UPS) and electric vehicle (EV) systems (Yu, 2013), (Badeda, 2018), (Hannan, 2017). In order to fully exploit the potential of the battery in ESS, the system might be properly charged and discharged, which is achieved by accurately measuring the state of charge (SOC) and state of health (SOH) (Cacciato, 2016). After the obtained these variables, regression models of machine learning toolboxes were used to estimate SOH and SOC models. So, these regression models are used to examine the estimated and real SOC and SOH values by using dependent and independent variables (Fahrmeir, 2013).

In this study, SOC and SOH values of series connected batteries were evaluated instantaneously during the charging and discharging periods. The considered serial connected batteries were assessed with 12V-7A lead-acid battery containing 6 lead-acid cells (Gu, 1987), (Yiğit Akü, 2021).. The developed system includes an ARM based development board, sensors, a relay and non-inverting amplifier circuits. To gather the voltage variables of the batteries, the analog to digital converter (ADC) and inter-integrated circuit ports were used. Likewise, to obtain the temperature and current variables of the batteries, universal synchronous asynchronous receiver transmitter (USART) serial communication protocol is used and it also provides transferring the all obtained data to the computer environment (Brown, G.,2012). The obtained data were analyzed using random forest, decision tree, polynomial, extreme gradient boosting, linear and gradient boosting regression models. RMSE and R^2 score results were used for performance evaluation of the estimated regression models. According to the performance evaluation results, the best model was the decision tree regression model. Moreover, a specific human machine interface (HMI) has been designed through App-Designer (Valle, 2017).

The following sections are as follows; in the second section, the developed module, obtained data results and regression models are explained. In the third section, the estimation results of the data are compared using models. In the last section, the results are presented.

2. Material and Method

2.1. Developed Module

The developed module consists of 3 ARM-based microprocessors, 3 serially connected batteries, 1 relay, 1 current sensor, 3 temperature sensors, 3 non-inverting amplifier circuits, 7 USB-TTL modules and 1 computer (Fig.1). The primary microprocessor as master processor is connected to the relay circuit for controlling the charge and discharge processes of the ESS. The primary microprocessor receives the measured voltage, current and temperature variables values. The received these data is sent to the computer environment by using the USART protocol with the related module.

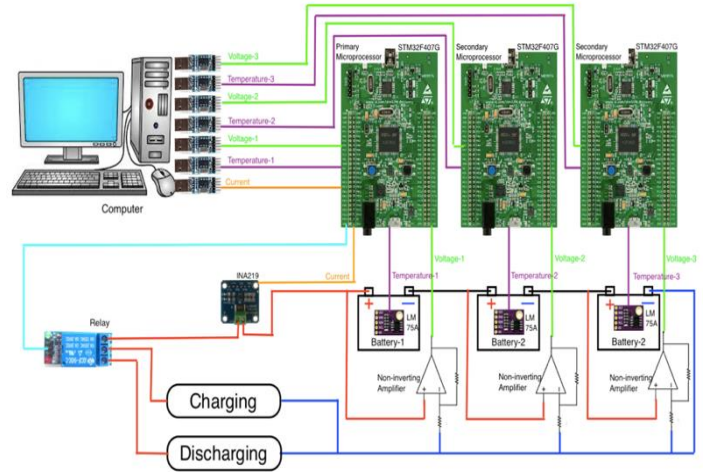


Figure 1. The developed module

The developed module is implemented in Fig.2 where INA219 current sensor is used with the I^2C communication protocol. The current value is determined as in the range of $\pm 3.2A$ with 1% accuracy (El Hadi, 2021). LM75A temperature sensor is used for the range of $-55^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ with an accuracy of $\pm 0.125^{\circ}C$ (Stanimirescu, 2020). The voltages values are gathered with ADC ports and voltage scaling circuit implementing with non-inverting amplifiers for the 32bit ARM microcontroller (Brown, G.,2012). The flow chart of the developed system is given in Fig.3 where the voltage, current, and temperature values are obtained and they are sent to the computer environment. In Fig.4, the designed HMI displays SOH and SOC estimation results, along with graphs of data received from microprocessors (Valle, 2017).

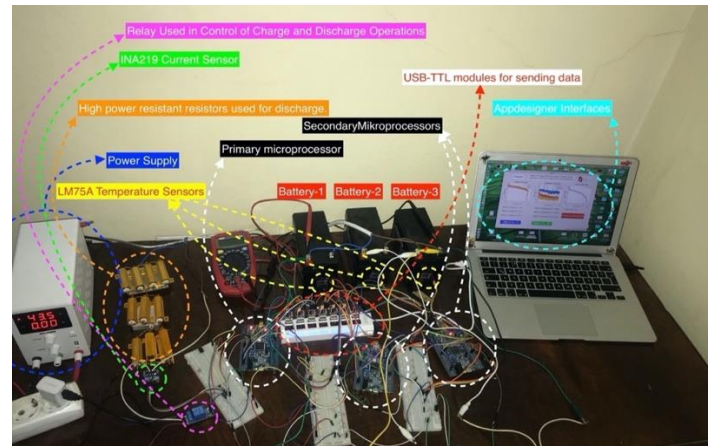


Figure 2. The implemented system overview

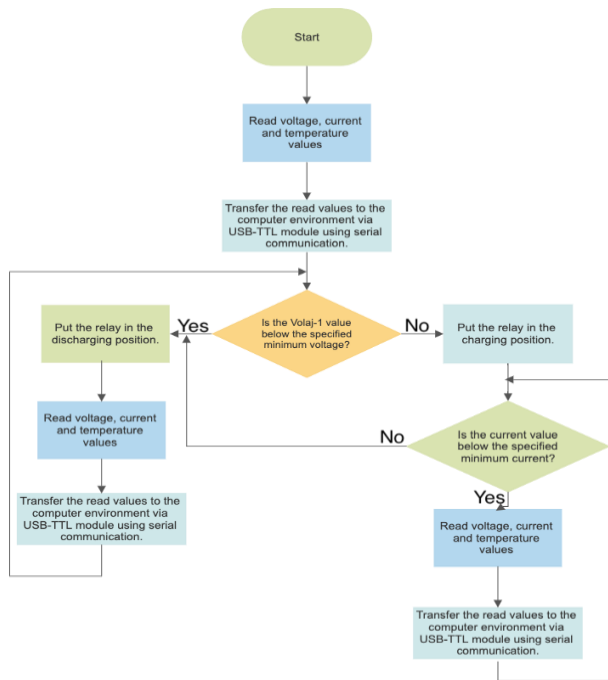


Figure 3. Flow chart of the algorithm

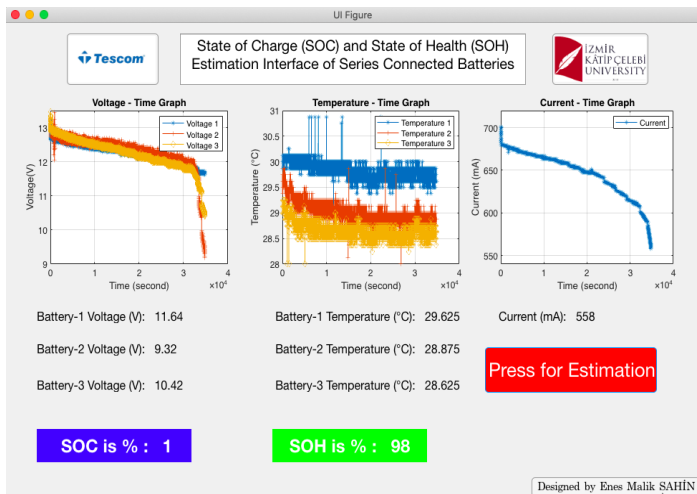


Figure 4. The designed HMI

After completing the experiments, the obtained charging voltage values of the ESS batteries are depicted in Fig.5. It is observed that the voltage value of each battery is approximately equal to each other during the charging period. In Fig.6, it is observed that the temperature values are presented during the charging period and their values are nearly same for each battery. According to the Fig.6d, the total current value of the system is observed as 700mA for 2800 seconds. After 3200 seconds, it might be assumed as discharging initial conditions, the voltage value of battery decreases faster than the other two batteries. This situation might be explained that the voltage value of the battery-1 is 11.51 volts, the voltage value of the battery-2 is 9.28 volts and the voltage value of the battery-3 is 10.47 volts (Fig.7). However, in Fig.8 during the discharge period, the temperature values are approximately the same as for each battery. According to Fig. 8d, the current value of the discharge period decreases according to the decrease in battery voltages since constant resistance is used.

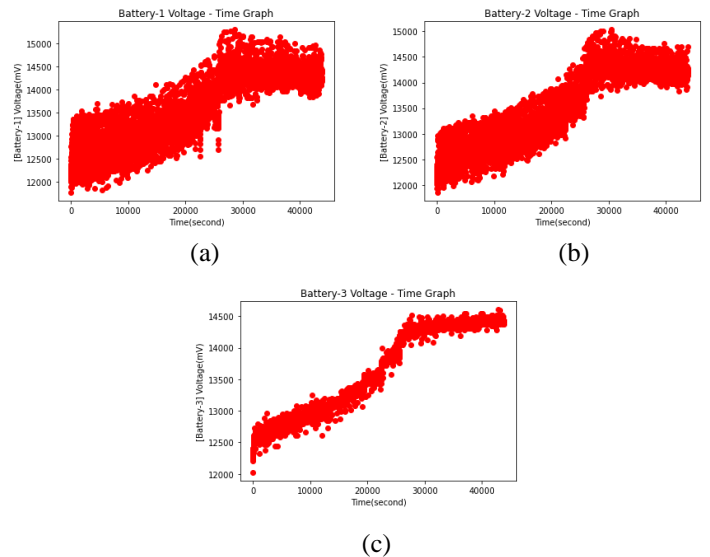


Figure 5. Charge voltage for a) battery-1, b) battery-2, c) battery-3

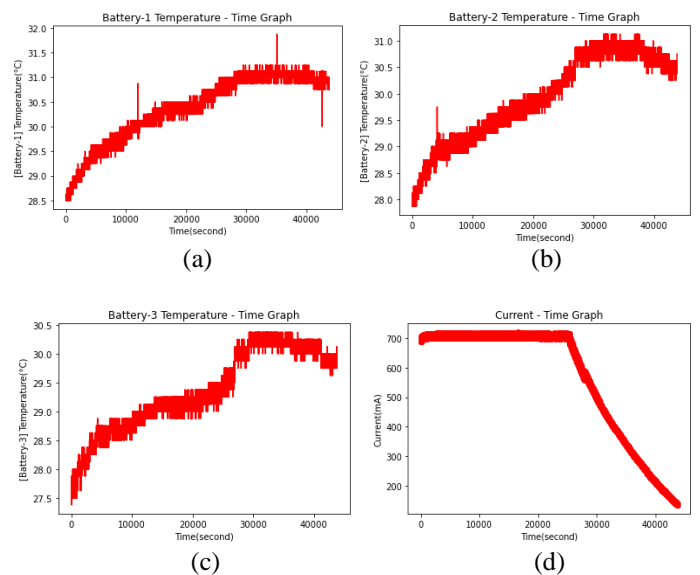


Figure 6. During charging process a) battery-1 temperature, b) battery-2 temperature, c) battery-3 temperature, d) current

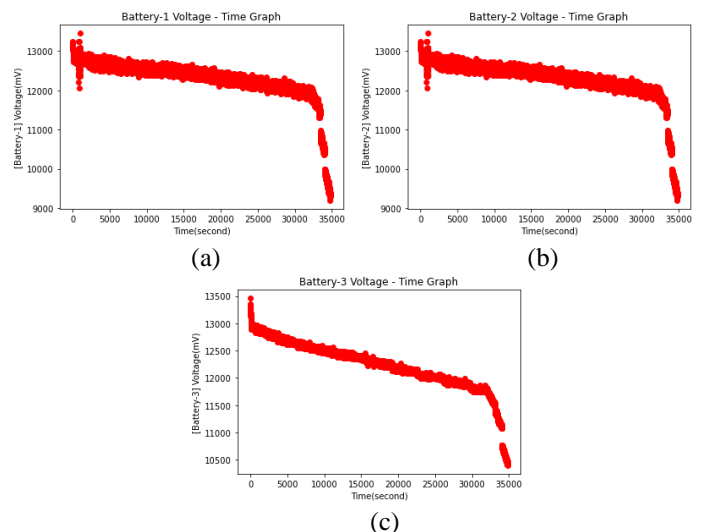


Figure 7. Discharge voltage for a) battery-1, b) battery-2, c) battery-3

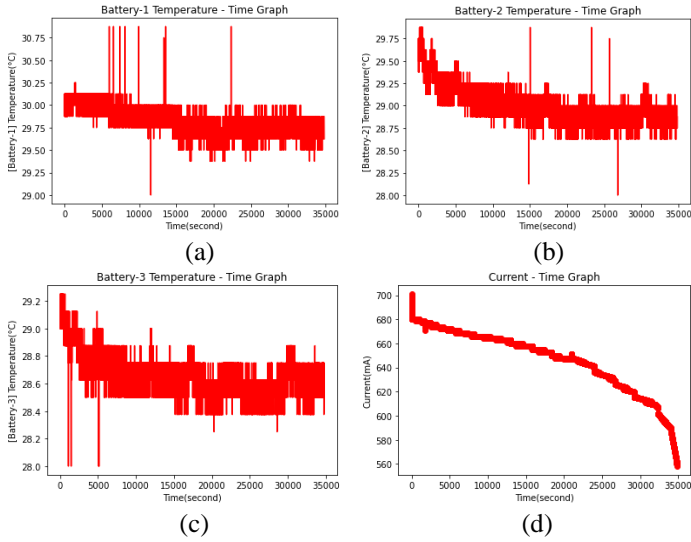


Figure 8. During discharge process a) battery-1 temperature, b) battery-2 temperature, c) battery-3 temperature, d) current

2.2. Regression Models

Machine learning algorithms fall into two groups: supervised learning and unsupervised learning (Freedman, 2009). Regression models are in the supervised learning group and are used to predict the relationship between dependent and independent variables in a function. Regression model analysis provides both predicting and estimating of the variables (Mason, 1991). Random forest regression, decision tree regression, polynomial regression are some of the regression models. In this project, regression models are used to estimate SOC and SOH of series connected batteries.

3. Results and Discussion

The voltage, current and temperature values obtained from series connected batteries were used for regression models. SOC and SOH estimations were assessed with six different regression models. The regression models used in this study; random forest regression (Pal, 2005), decision tree regression, polynomial regression, linear Regression, extreme gradient boosting (XGB) Regression and Gradient Boosting Regression (Freedman, 2009). Using these regression models, the time variable during the charge and discharge application was estimated and SOC and SOH were estimated with this estimation. RMSE score and R^2 score were used to evaluate the regression models.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{n}} \quad (1)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

The y_i value in Equations (1) and (2) is the time variable, \hat{y} is the predicted time variable, \bar{y} is the average of the time variable, and n is the number of data obtained.

3.1. SOC Estimation

SOC estimation was made by the total power value of the three batteries in order to find the regression models by these power values of the three batteries obtained during the discharge

(Fig.9) and charge (Fig.10) process. The error of the SOC estimation during charging was higher than the error of the SOC estimation during discharge. According to the RMSE score and R^2 score values in Table-1 and Table-2, decision tree regression is the most appropriate model.

Table 1. RMSE and R^2 score values of regression models for discharge.

Regression Models	RMSE Score	R^2 Score
Random Forest Regression	388.9697	0.998529
Decision Tree Regression	27.9125	0.999992
Polinomial Regression	474.8788	0.997791
Linear Regression	2980.0720	0.913029
XGB Regression	732.6739	0.994730
Gradient Boosting Regression	708.3919	0.995120

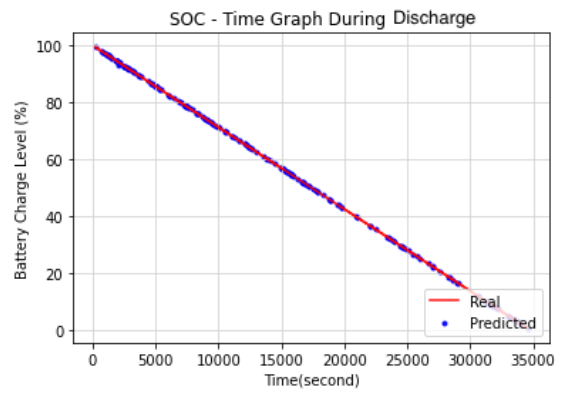


Figure 9. SOC during discharge.

Table 2. RMSE and R^2 score values of regression models for charge

Regression Models	RMSE Score	R^2 Score
Random Forest Regression	1367.8962	0.988368
Decision Tree Regression	1332.2522	0.988972
Polinomial Regression	1598.9724	0.984234
Linear Regression	2619.0182	0.957703
XGB Regression	1379.6596	0.988581
Gradient Boosting Regression	1356.5291	0.988603

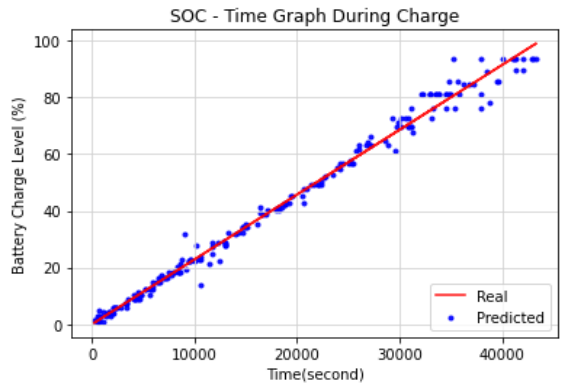


Figure 10. SOC during charge.

3.2. SOH Estimation

SOH estimate was calculated using the time dependent change of the SOC estimate for both charge (3) and discharge (4) in the following equations;

$$SOH(\%) = \left(\frac{time_{SOC(initial\ predicted)} - time_{SOC(final\ real)}}{time_{SOC(initial\ predicted)} - time_{SOC(final\ predicted)}} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$SOH(\%) = \left(\frac{time_{SOC(final\ real)} - time_{SOC(initial\ predicted)}}{time_{SOC(final\ predicted)} - time_{SOC(initial\ predicted)}} \right) \times 100 \quad (4)$$

where $time_{SOC(initial\ predicted)}$ is time(second) of the first predicted SOC value based on the values taken, $time_{SOC(final\ real)}$ is time(second) of the last SOC value calculated based on instant data, and $time_{SOC(final\ predicted)}$ represents the time(second) value of the instantaneous SOC value on the predicted SOC-Time graph for the first charge / discharge period. SOH estimation results for charge and discharge in the first experiment are given in Fig.11 and Fig.12. Minimum time of 20000 seconds is required to calculate the SOH estimate with a minimum error of 5% during the charging process. By using the developed system, 6 charge and discharge experiments have been carried out. The average SOH results calculated as a result of the experiment are given in Table 3.

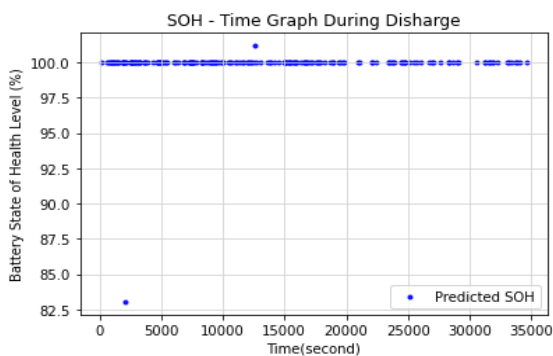


Figure 11. SOH - time graph while discharge

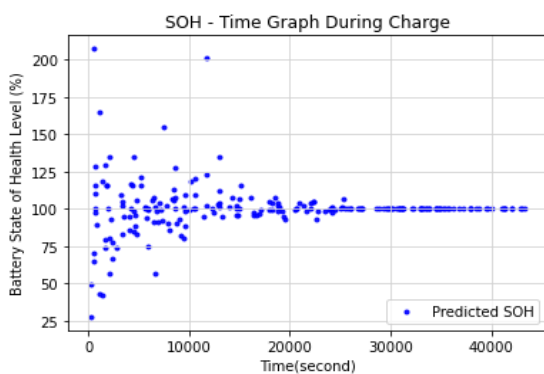


Figure 12. SOH - time graph while charge

Table 3. Average SOH results calculated in charge and discharge experiments

Average SOH Estimation	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	Exp.6
For Charge	99.9	100.0	99.9	99.8	100.0	99.7
For Discharge	100.3	100.7	100.2	99.1	99.9	100.2

In addition, Equation 5 is used to learn how long after the discharge period will be completed. The SOC and SOH values in this equation are the values estimated instantaneously using the regression model. The $time(second)_{(when\ SOH=\%100)}$ value represents the first discharge time, that is the time calculated when the SOH value is 100% (in this study, the $time(second)_{(when\ SOH=\%100)}$ value was calculated as 34800 seconds).

$$Discharge\ Completion\ Time(second) =$$

$$\frac{SOC}{100} \times \frac{SOH}{100} \times time(second)_{(when\ SOH=\%100)} \quad (5)$$

4. Conclusions and Recommendations

This study was developed for ECC application where serially connected battery sets are used to ensure the long life of these batteries by using SOC and SOH values during charge and discharge periods. The obtained regression models were made of the voltage, current and temperature measurements. The regression model performances for the SOC estimation were determined by RMSE and R^2 score values, and the decision tree regression model provided the best result.

5. Acknowledge

This work is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209B – Research Project Support Programme for Undergraduate Students with project number 1139B412001117.

References

Badedda, Julia, Monika Kwiecien, Dominik Schulte, and Dirk Uwe Sauer. "Battery state estimation for lead-acid batteries under float charge conditions by impedance: Benchmark of common detection methods." *Applied Sciences* 8, no. 8 (2018): 1308.

Brown, G. (2012). *Discovering the STM32 microcontroller*. Cortex, 3, 34.

Cacciato, M., Nobile, G., Scarcella, G., & Scelba, G. (2016). Real-time model-based estimation of SOC and SOH for energy storage systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(1), 794-803.

El Hadi, M., Ouariach, A., Essaadaoui, R., El Moussaouy, A., & Mommadi, O. (2021). RC time constant measurement using an INA219 sensor: creating an alternative, flexible, low-cost configuration that provides benefits for students and schools. *Physics Education*, 56(4), 045015.

Fahrmeir, L., Kneib, T., Lang, S., & Marx, B. (2013). *Regression models*. In *Regression* (pp. 21-72). Springer, Berlin, Heidelberg.

Freedman, D.A., (2009), *Statistical Models: Theory and Practice*. Cambridge University Press. ISBN 978-1-139-47731-4.

Hannan, Mohammad A., MS Hossain Lipu, Aini Hussain, and Azah Mohamed. "A review of lithium-ion battery state of

- charge estimation and management system in electric vehicle applications: Challenges and recommendations." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78 (2017): 834-854.
- Stanimirescu, A., Egri, A., Soica, F. F., & Radu, S. M. (2020). Measuring the change of air temperature with 8 LM75A sensors in mining area. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 305, p. 00046). EDP Sciences.
- Valle, J. M. G., García, J. C. C., & Cadaval, E. R. (2017, May). Electric vehicle monitoring system by using MATLAB/App Designer. In *2017 International Young Engineers Forum (YEF-ECE)* (pp. 65-68). IEEE.
- Yiğit Akü. (2021), [online] Available: <https://www.yigitaku.com/wp-content/uploads/2016/12/YD-12-7-AH-AGM-brosur.pdf>
- Yu, Li-Ren, Yao-Ching Hsieh, Wei-Chen Liu, and Chin-Sien Moo. "Balanced discharging for serial battery power modules with boost converters." In *2013 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, pp. 449-453. IEEE, 2013.



BICOT: Big Data Analysis Approach for Clustering Cloud based IoT Systems

Zuleyha Akusta Dagdeviren^{1*}, Orhan Dagdeviren²

^{1*} Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-9365-326X), zuleyhaakusta@gmail.com

² Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-8789-5086), orhan.dagdeviren@ege.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960360)

ATIF/REFERENCE: Akusta Dagdeviren, Z. & Dagdeviren, O. (2021). BICOT: Big Data Analysis Approach for Clustering Cloud based IoT Systems. *European Journal of Science and Technology*, (26), 395-400.

Abstract

Internet of Things (IoT) envisions the connection of billions of devices over the Internet. The data produced by these huge amount of devices grow exponentially, so analyzing this big data with traditional methods is not viable. Recent cloud computing and virtualization technologies cope with these issues by processing and storing IoT data. Wireless sensor networks (WSNs) are big data sources of IoT systems which provides data collection from the environment. WSNs are used in various applications such as habitat monitoring, military surveillance and smart agriculture. Data transmission to the sink node is one of the essential requirements for WSNs. Clustering is a fundamental technique that is used for efficient data transmission, time synchronizaion, load balancing and security services. In this paper, we propose a clustering framework that we call BICOT for WSNs tailored for IoT systems. BICOT inputs large scale node position, transmission range and node energy data and outputs clustering information. Our first algorithm (BICOT-CDS) is based on connected dominating set (CDS) structure and aims to reduce the cluster count. Our second algorithm uses a weighted CDS (WCDS) approach that targets to select nodes with high energy as cluster heads. We implement these algorithms in ns2 simulator environment and measure cluster count and total weight of cluster head values. The algorithms are tested against node counts and average node degrees. From extensive simulation measurements, we obtain that the cluster count generated by BICOT-CDS is far more better than its counterparts and as the network size increases the proposed algorithm performs better. The cost of dominators produced by the BICOT-WCDS algorithm is significantly lower than its competitors. These findings show us that our proposed algorithms are favorable big data analysis approaches for cloud based IoT systems.

Keywords: Internet of Things, Big Data, Cloud Computing, Wireless Sensor Networks, Clustering, Dominating Set.

BICOT: Bulut Tabanlı IoT Sistemleri Kümeleme için Büyük Veri Analizi Yaklaşımı

Öz

Nesnelerin İnterneti (*Internet of Things*: IoT) milyarlarca cihazın İnternet üzerinden bağlanmasını öngörmektedir. Bu büyük miktardaki cihazların ürettiği veriler katlanarak büyümektedir, bu nedenle bu büyük veriyi geleneksel yöntemlerle analiz etmek mümkün olmamaktadır. Güncel bulut bilişim ve sanallaştırma teknolojileri, IoT verilerini işleyerek ve depolayarak bu sorunlarla başa çıkmaktadır. Kablosuz sensör ağlar (KSA'lar), ortamdan veri toplamayı sağlayan IoT sistemlerinin büyük veri kaynaklarıdır. KSA'lar, habitat izleme, askeri gözetim ve akıllı tarım gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Çıkış düğümüne veri iletimi, KSA'lar için temel gereksinimlerden biridir. Kümeleme; verimli veri iletimi, zaman senkronizasyonu, yük dengeleme ve güvenlik servisleri için kullanılan temel bir tekniktir. Bu makalede IoT sistemleri için uyarlanmış KSA'lar için BICOT diye adlandırdığımız bir kümeleme çerçevesi önermekteyiz. BICOT, büyük ölçekli düğüm konumu, iletim alanı ve düğüm enerji verilerini girdi olarak almakta ve kümeleme bilgisini çıktı olarak üretmektedir. İlk algoritmamız (BICOT-CDS), bağlı hakim küme (*connected dominating set*: CDS) yapısına dayanmakta ve küme sayısını azaltmayı amaçlamaktadır. İkinci algoritmamız, küme başları olarak yüksek enerjiye sahip

* Sorumlu Yazar: zuleyhaakusta@gmail.com

düğümüleri seçmeyi hedefleyen ağırlıklı bağlı hakim küme (*weighted connected dominating set*: WCDS) yaklaşımı kullanmaktadır. Bu algoritmaları ns2 simülatör ortamında uygulamakta ve küme sayısı ve küme başı değerlerinin toplam ağırlığını ölçmekteyiz. Algoritmalar, düğüm sayılarına ve ortalama düğüm derecelerine göre test ortamında benzetimleri yapılmaktadır. Kapsamlı simülasyon ölçümlerinden, BICOT-CDS tarafından üretilen küme sayılarının rakiplerinin ürettiği küme sayılarından çok daha iyi olduğunu ve ağ boyutu arttıkça önerilen algoritmanın daha iyi performans gösterdiğini elde etmekteyiz. BICOT-WCDS algoritması tarafından üretilen hakim düğümlerin maliyeti, rakiplerinin ürettiğinden önemli ölçüde daha düşüktür. Bu bulgular bize önerdiğimiz algoritmaların bulut tabanlı IoT sistemleri için uygun büyük veri analizi yaklaşımları olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Kablosuz Sensör Ağlar, Kümeleme, Hakim Küme.

1. Introduction

Internet of Things (IoT) is a network of billions of connected devices through the Internet infrastructure. Recent cloud computing and virtualization technologies provide processing and storage of big data produced by these vast amounts of IoT nodes. Wireless sensor networks (WSNs) are located at the communication layer of IoT technology and are assigned to collect various information from the environment. Thus, WSNs are important big data sources of IoT (Harb et al., 2017) (Kim et al., 2019). In sensor networks, clustering is a very important technique that provides efficient routing, data aggregation, time synchronization, load balancing, and security services (Lotfinezhad and Liang, 2005). Clustering is used to decrease the transmitted message count of the upper layer applications (Liu et al., 2020) (Vaiyapuri et al., 2021). In the clustering technique, nodes are either categorized as cluster members or cluster heads. Objectives for the clustering in WSNs are given as follows:

- A cluster head senses events from the environment, collects data from the cluster members and relays the aggregated data. Thus, it plays a server role of its cluster. Accordingly, it consumes much energy than the cluster members. In order to maintain a high network lifetime, cluster heads must be elected from nodes with high residual energy.
- Various physical layer and medium access control layer technologies exist to provide communication between distributed nodes. To provide independent execution, the clustering approach should not be decoupled tightly with an underlying networking standard.
- To increase the network lifetime by reducing resource consumption, the clustering algorithm should have low message and time complexities.
- Sensor nodes may have faults due to environmental effects, security attacks and hardware/software problems. In this manner, clustering operation should be fault tolerant to manage these external issues.

A WSN can be modeled with an undirected graph $G=(V, E)$ as V and E are the set of vertices and edges, respectively. One of a techniques to provide clustering is construction of dominating sets (DSs). A DS S is a subset of V where a vertex $i \in S$ or $(j \in V$ and $(i,j) \in E)$. In another words, a node is in DS or neighbor to a node in DS. If S induced subgraph is connected, we call S as connected dominating set (CDS). CDS is a very useful structure for routing in WSN since each dominator node is connected through each other. However, finding minimum CDS is an NP-hard problem. A CDS construction algorithm based on marking nodes due to some predefined rules is proposed in (Wu and Li, 1999). Guha and Khuller proposed a central CDS algorithm which provides growing of a tree T starting from vertex with the highest degree (Guha and Khuller, 1998). Initially, all nodes are marked as white. At each step, a pair of connected vertices is

chosen to color black. Also, the colors of neighbors of these nodes are set to gray. The algorithm continues until a white node exists. Guha and Khuller's algorithm has an $\ln(n)$ approximation ratio for undirected graphs where n is the node count.

Although undirected graphs are useful structures for WSNs, they lack modelling some important parameters such as node energies. To overcome this problem, weighted undirected graph $G_w=(V, E, w)$ can be used where w is a function to assign a weight value to each node. We represent the weights of the nodes as the reciprocal of their energies. Instead of minimizing the dominator count, the objective of minimum WCDS problem is minimizing the total weight to construct an energy-efficient routing infrastructure. A weighted maximal independent set (MIS) algorithm for construction of weighted DS is proposed in (Chatterjee et al., 2001). If a node has minimum weight ratio among its neighbors, it is selected as a dominator in Chatterjee et al.'s algorithm. In algorithm (Bao and Garcia-Luna-Aceves, 2003), a node enters DS if its weight ratio is minimum among its immediate neighbors or its weight ratio is minimum among its two-hop neighbors (immediate neighbors excluded). A weighted DS algorithm consisting of two phases is given in (Wang et al., 2006). The first phase starts with a MIS construction that resembles to (Chatterjee et al., 2001), then proceeds with a set cover algorithm (Chavatal, 1979). A minimum spanning tree algorithm is used in the second phase. Wang et al.'s algorithm is designed to execute in a distributed manner. Another central WCDS algorithm is given in (Guha and Khuller, 1998). Given M as the optimum solution, the approximation ratio of this algorithm is $3\ln(M)$. Similar to the aforementioned algorithm, this algorithm consists of two stages. A set cover algorithm is used to construct weighted DS in the first stage (Chvatal, 1979), a Steiner tree algorithm is applied in the second stage (Klein and Ravi, 1995). For other studies related to clustering big data in IoT systems are given in (Palaniswami et al., 2020), (Tripathi et al., 2021) and (Wang et al., 2018).

In this paper, we propose clustering algorithms for IoT systems, namely BICOT. Our algorithms input large scale node position, transmission range and node energy data and output clustering information. These large scale data is stored in cloud where our big data analyzer system is located. Our proposed algorithms are CDS and WCDS based and they are executed in the cloud system. Our first algorithm (BICOT-CDS) aims to reduce the cluster count whereas the objective of our second algorithm (BICOT-WCDS) is to select cluster head nodes having higher energy than the other algorithms. We show the design of the algorithms and present measurements by comparing with their counterparts in the rest of this paper.

2. Material and Method

2.1. Network Model

Our network model is given in Fig. 1 by illustrating a sample IoT agriculture application.

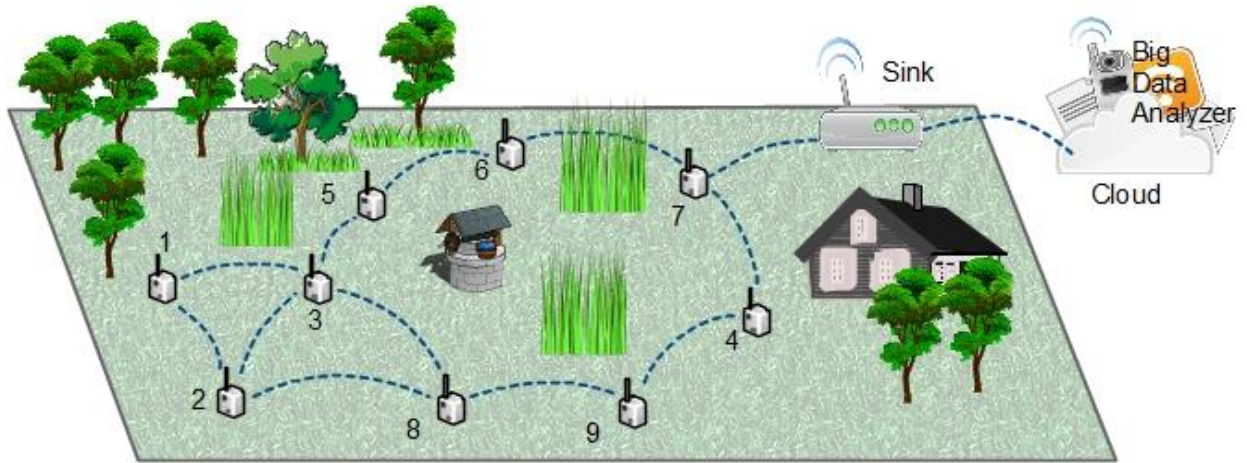


Figure 1. The Network Model

Please note that, the IoT vertical may vary such as smart city, habitat monitoring and military surveillance. On the other side, our network model is similar for other applications. To collect information from the environment such as humidity and mineral levels, we deploy a WSN in the field where nodes are given unique id.

In Fig. 1, there are 9 nodes in WSN and their communication channels are depicted with dotted arcs. Sensor nodes can be static or mobile, but they should be aware of their coordinates. This can be achieving by equipping a GPS receiver to each node or each node may execute localization algorithms to obtain positions. The coordinates of the sensor nodes should be collected by the sink node. A periodic flooding of positions may support this collection operation.

The sink node plays an IoT gateway role by connecting WSN and cloud system. Since a WSN may have thousands of mobile sensor nodes, frequent periodic collection of positions may cause to store a large scale data. So, this large scale data is stored in the cloud system and processed by a big data analyzer.

2.2. Proposed Algorithms

We propose two CDS algorithms for WSNs. The first algorithm aims to minimize the number of cluster heads, on the other hand the aim of the second algorithm is to accomplish energy efficient cluster head selection. The steps of the first algorithm, which we call as BICOT-CDS is given in Alg. 1.

Algorithm 1. BICOT-CDS Algorithm

- 1: input: coordinates of nodes and the transmission range (T).
- 2: construct graph $G=(V, E)$ using transmission range and coordinates of nodes (If $(x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2 \leq T^2$ then $node_i$ and $node_j$ are neighbors in G).
- 3: call a central connected dominating set algorithm and output the result to S .
- 4: connect every cluster member to the closest cluster head in S . If there are more than one, choose the node with the greatest id.

output: S is the backbone.

We first construct an undirected graph and give this graph as an input to a central CDS algorithm. At the last step of BICOT-

CDS algorithm, each cluster member is connected to a cluster head. An example WSN clustered with BICOT-CDS is given in

Fig. 2 (The algorithm in (Guha and Khuller, 1998) is used as the central CDS algorithm). In this figure, cluster heads are shown with red nodes where each of them is an element of CDS and the white nodes are ordinary cluster members. In this manner, nodes C, E, I, J, M, P and R are dominators and other nodes are dominatees. The clusters are depicted with dotted orange circular drawings.

Algorithm 2. BICOT-WCDS Algorithm

- 1: input: coordinates of the nodes, transmission range (T) and the energies of nodes.
- 2: construct node weighted graph $G_w=(V, E)$ using transmission range, coordinates of nodes (If $(x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2 \leq T^2$ then $node_i$ and $node_j$ are neighbors in G) and energies of the nodes (weight($node_i$) = $1/\text{energy}(node_i)$).
- 3: call a central weighted connected dominating set algorithm and output the result to S_w .
- 4: connect every cluster member to the closest cluster head in S_w with the maximum energy as a cluster member. If there are more than one, choose the nearest cluster head node.
- 5: output: S_w is the weighted backbone.

The second algorithm resembles the first algorithm whereas the dominating set is constructed in an energy efficient manner. The steps of this algorithm, which we call as BICOT-WCDS, are given in Alg. 2. In this algorithm we use a central weighted algorithm such as (Guha and Khuller, 1998) to produce the cluster heads. Those cluster heads are the elements of the weighted backbone.

Fig. 3 displays a sample operation of the proposed algorithm (The central WCDS algorithm in (Guha and Khuller, 1998) is used). In this figure, node ids and weights are written near to the nodes. Similar, to the previous figure the borders of the clusters are depicted with orange circular drawings. The WCDS backbone consists of nodes A, C, D, I, J, K, M, O and S. As seen in this figures, nodes having low weights are chosen as the cluster heads. Nodes F, G, L, B, E, H, N, P are the cluster members of these cluster heads. Each cluster member node is connected to a cluster head having higher energy.

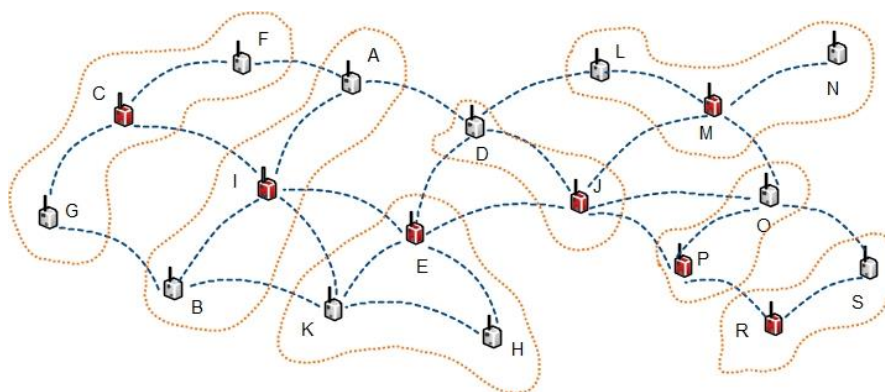


Figure 2. An Example WSN Clustered with BICOT-CDS

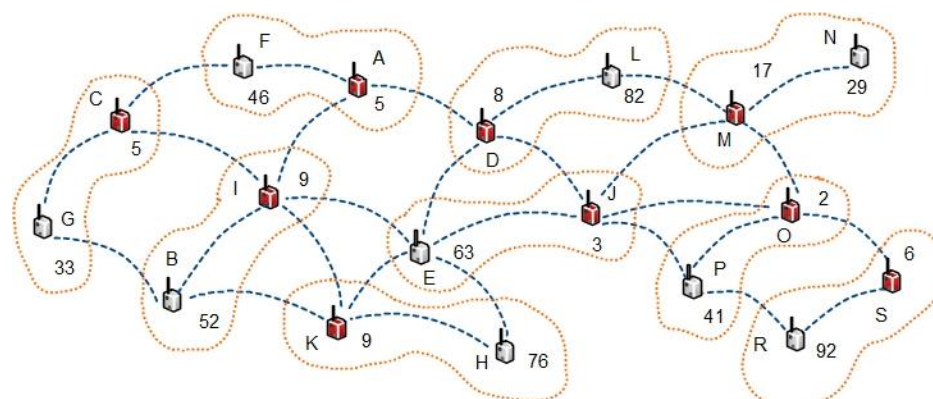
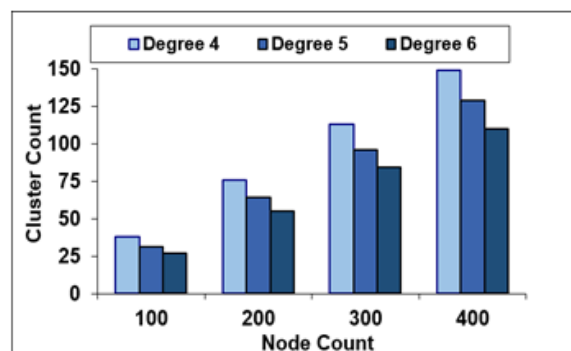


Figure 3. An Example WSN Clustered with BICOT-WCDS

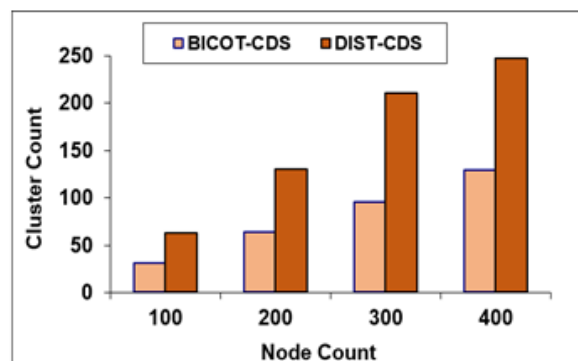
3. Results and Discussion

We implement our proposed BICOT-CDS and BICOT-WCDS algorithms in ns2 simulator (VINT, 2021). The algorithms tested against various node counts and degrees. Node counts are varied from 100 nodes to 400 nodes. Average node degrees of the networks are selected from 4 to 6. IEEE 802.11 physical layer and medium access control layers are used as the underlying networking protocols. We implement a distributed CDS algorithm (DIST-CDS) to compare with the BICOT-CDS. DIST-CDS is similar with the algorithm (Wu and Li, 1999). DIST-CDS has two rules and each node is white at the beginning. In the first rule, a node v is colored black, node v has a pair of unconnected neighbors. In the second rule, a node v is colored white, if it has neighbors with greater id that span its 1-hop neighbors. After the execution of the rules, black nodes constitute the dominating set. MIS-WCDS (Chatterjee et al., 2001), BAO-WCDS (Bao and Garcia-Luna-Aceves, 2003) and WANG-WCDS (Wang et al., 2006) are implemented to compare with our BICOT-WCDS algorithm.

To measure the clustering quality of the CDS algorithms, we use the number of clusters as the cluster quality metric since CDS algorithms are generally targeted to reduce the set size to approximate minimum CDS. When degree is increased, the cluster count produced by BICOT-CDS is decreased as shown in Fig. 4.a since a cluster head may dominate more nodes in dense networks. As seen in Fig. 4.b, the cluster count generated by BICOT-CDS is approximately half of the number of clusters generated by DIST-CDS. As the network size increases, BICOT-CDS performs surely better than DIST-CDS.



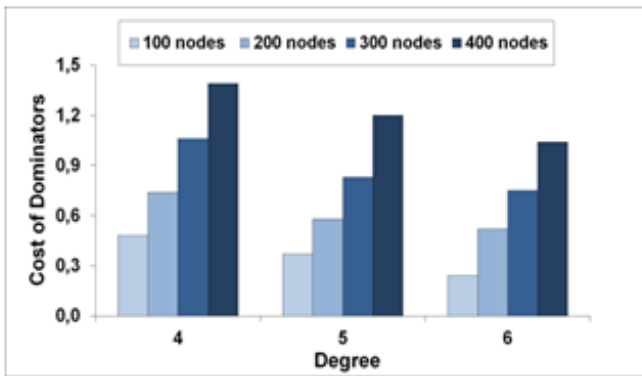
a)



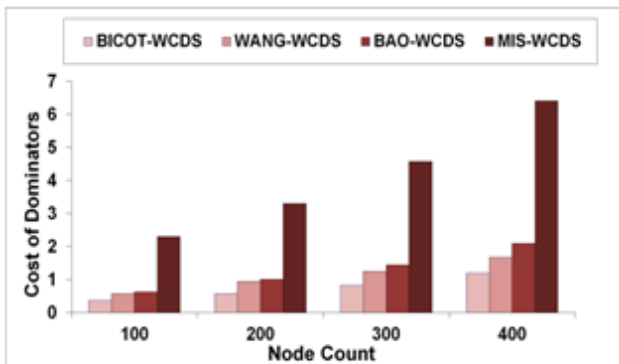
b)

Figure 4. a) Cluster Count of BICOT-CDS vs. Node Count and Degree b) Cluster Count of Algorithms vs. Node Count

As aforementioned, we use Guha and Khuller’s WDCS algorithm in our BICOT-WCDS algorithm. In the first phase of this algorithm, dominators are produced. In the second phase of the algorithm, connectors are provided. In Fig. 5.a, the dominator weights of the BICOT-WCDS vs. varying node degrees are given. As the average degree is risen, the proposed algorithm outputs dominators having higher energy. Since the cost is mapped to the reciprocal of node energy, the total cost of selected dominators decreases. This reveals that BICOT-WCDS reacts good with the rise of connectivity. Also, as the number of nodes is risen, the cumulative weight increases linearly as given in Fig. 5.a. In Fig. 5.b, cost of dominators produced by the algorithms against varying node count and degree are given. BICOT-WCDS has the best performance among other WCDS algorithms in all cases.



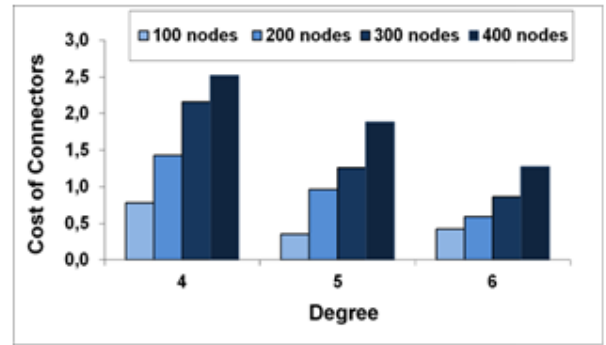
a)



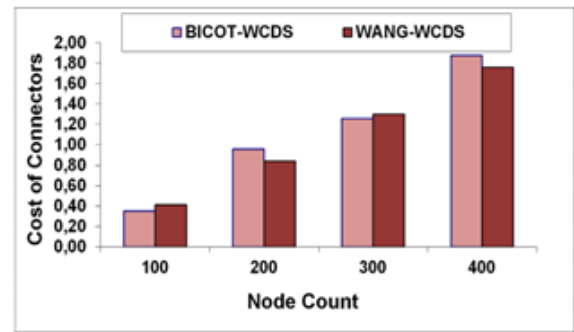
b)

Figure 5. a) Cost of Dominators of BICOT-WCDS vs. Node Count and Degree b) Cost of Dominators of Algorithms vs. Node Count

The cost of connectors of BICOT-WCDS vs. varying node degree values are given in Fig. 6.a. The cumulative connector weight decreases as the average node degree rises, as expected. Total connector weight of algorithms vs. varying node counts are shown in Fig. 6.b. For node counts equal to 100 and 300 BICOT-WCDS performs better whereas for node counts equal to 200 and 400 the performance of WANG-WCDS is better. Consequently, the performance of the algorithms are generally approximate. The performance comparison of the BICOT-WCDS and WANG-WCDS are given in Fig. 7.a and Fig. 7.b, where the connector counts produced by BICOT-WCDS are smaller than those of WANG-WCDS vs. node count and average node degree.

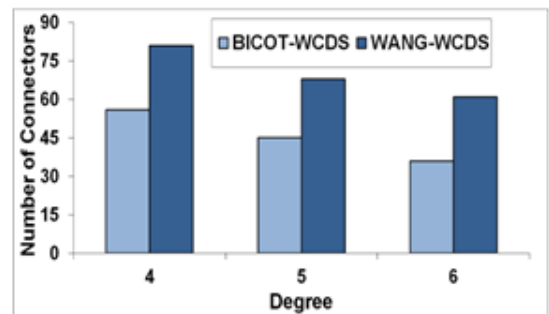


a)

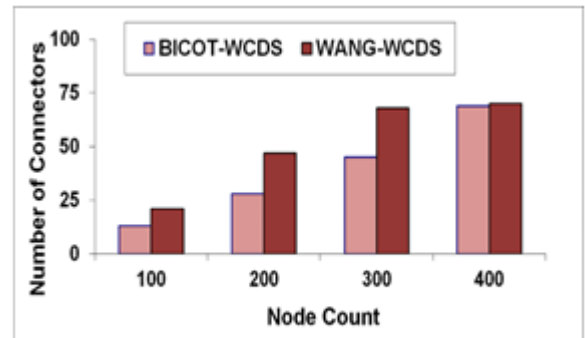


b)

Figure 6. a) Cost of Connectors of BICOT-WCDS vs. Node Count and Degree b) Cost of Connectors of Algorithms vs. Node Count



a)



b)

Figure 7. a) Number of Connectors of Algorithms vs. Degree b) Number of Connectors of Algorithms vs. Node Count

4. Conclusions and Recommendations

IoT brings the opportunity of connection of billions of devices over the Internet. WSNs are big data resources of IoT systems where cloud technologies handle the data produced by the sensor nodes. Clustering is a very important method used for routing, load balancing and time synchronization in WSNs. In this paper, we propose BICOT clustering framework for WSNs that is based on CDS structure. Our framework consists of two algorithms: BICOT-CDS and BICOT-WCDS. BICOT-CDS aims to reduce the cluster count whereas BICOT-WCDS targets to select nodes with high energy as cluster heads.

We implement BICOT-CDS and BICOT-WCDS algorithms in ns2 simulator environment against varying node counts and average node degrees. We measure cluster counts and total weight of cluster heads. From extensive measurements, we reveal that the cluster counts produced by BICOT-CDS algorithm is significantly better than its competitors and as the network size increases the performance gap of the algorithms increases. The cumulative cost of dominators produced by BICOT-WCDS algorithm is lower than those of its counterparts. Consequently, these findings reveal us that the proposed algorithm is a promising technique for clustering large scale position data for cloud based IoT systems.

References

- Bao, L. and Garcia-Luna-Aceves, J. J. (2003) Topology management in ad hoc networks. *Proc. of the 4th ACM Int. Symp. on Mobile Ad Hoc Networking & Computing*, pp. 129-140, ACM Press, New York.
- Chatterjee, M., Das, S. K., and Turgut, D. (2001) WCA: weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks. *Journal of Cluster Computing (Special Issue on Mobile Ad hoc Networks)*, 5, 193-204.
- Chvatal, V. (1979) A greedy heuristic for the set-covering problem, *Mathematics of Operations Research*. *INFORMS*, 4(3), 233-235.
- Guha, S. and Khuller, S. (1998) Approximation algorithms for connected dominating sets. *Algorithmica*, 20, 374-387.
- Harb, H., Makhoul, A., Idrees, A., Zahwe and O. and Taam, M.. (2017) Wireless Sensor Networks: A Big Data Source in Internet of Things. *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control*.
- Kim, B.-S, Kim, K.-I., Shah, B., Chow, F. and Kim, K. H. (2019) Wireless Sensor Networks for Big Data Systems, *Sensors* 19, no. 7, 1565.
- Klein, P. and Ravi, R. (1995) A nearly best-possible approximation algorithm for node-weighted steiner trees. *J. Algorithms*, 19(1), 104-105.
- Liu, X., Zhu, R., Anjum, A., Wang, J., Zhang, H. and Ma, M. (2020) Intelligent data fusion algorithm based on hybrid delay-aware adaptive clustering in wireless sensor networks, *Future Generation Computer Systems*, vol.104, pp. 1-14,
- Lotfinezhad, M. and Liang, B. (2005) Energy efficient clustering in sensor networks with mobile agents. *Proc. of the IEEE Wireless Communications and Networking Conf.*, New Orleans, USA, 13-17 March, pp. 1872-1877. IEEE, Washington.
- Palaniswami, M., Rao, A. S., Kumar, D., Rathore, P. and Rajasegarar, S., (2020) The Role of Visual Assessment of Clusters for Big Data Analysis: From Real-World Internet of Things, *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, vol. 6, no. 4, pp. 45-53.
- Tripathi, A. K., Sharma, K., Bala, M., Kumar, A., Menon, V. G. and Bashir, A. K. (2021) A Parallel Military-Dog-Based Algorithm for Clustering Big Data in Cognitive Industrial Internet of Things, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 2134-2142.
- Wang, Q., Guo, S., Hu, J. and Yang, Y., (2018) Spectral partitioning and fuzzy C-means based clustering algorithm for big data wireless sensor networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 54.
- Wang, Y., Wang, W., and Li, X.-Y. (2006) Efficient distributed low-cost backbone formation for wireless networks. *IEEE Trans. on Parallel and Dist. Syst.*, 17(7), 681-693.
- Wu, J. and Li, H. (1999) On calculating connected dominating set for efficient routing in ad hoc wireless networks. *Proc. of the 3rd Int. Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications*, Seattle, Washington, United States, pp. 7-14. ACM, New York.
- Vaiyapuri, T., Parvathy, V.S., Manikandan, Krishnaraj, V. N., Gupta, D. and Shankar, K. (2021) A Novel Hybrid Optimization for Cluster-Based Routing Protocol in Information-Centric Wireless Sensor Networks for IoT Based Mobile Edge Computing. *Wireless Personal Communications*, <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08088-w>.
- VINT project. (2021) Network Simulator version 2 (NS-2). *Technical Report*, available from: http://nnsam.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page.



A Big Data Analysis Framework for Localization in Cloud based Sensor and Robot Networks

Zuleyha Akusta Dagdeviren^{1*}, Orhan Dagdeviren²

^{1*} Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-9365-326X), zuleyhaakusta@gmail.com

² Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-8789-5086), orhan.dagdeviren@ege.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960401)

ATIF/REFERENCE: Akusta Dagdeviren, Z. & Dagdeviren, O. (2021). A Big Data Analysis Framework for Localization in Cloud based Sensor and Robot Networks. *European Journal of Science and Technology*, (26), 401-406.

Abstract

Internet of Things (IoT) is constructed from billions of sensor devices connected over Internet. Wireless sensor networks (WSNs) are very important communication technologies of IoT for providing large scale data from the environment. Since the data collected grows exponentially, the design of cloud based big data analysis techniques is crucial. Localization in sensor networks is finding the location of a node based on the reference nodes's coordinates. In many applications such as target tracking and military surveillance, providing localization is necessary. Manually entering the locations of nodes during the deployment phase is not applicable especially for large scale sensor networks. Besides, integrating a GPS receiver to each sensor node is a very costly solution and may not be affordable for large scale networks. Since sensor nodes are mostly battery-powered, design of an energy-efficient localization method is highly desirable to prolong the lifetime of the network. Existing localization techniques may require many message transmission which causes high energy consumption. To tackle with this problem, we propose an energy-efficient localization framework in this paper. A mobile robot is traversed along the sensing area and communicate with sensor nodes to localize these nodes. Different than the previous approaches, our proposed approach requires only 3 messages per node. Besides, most of the execution needed for the localization is not carried by ordinary nodes. We simulate our proposed approach in ns2 simulator. We measure the localization quality and energy consumptions of our proposed approach with its counterparts. Also, we measure the localization quality and energy consumption against varying node counts and degrees. From extensive simulation results, we obtain that the localization qualities of our proposed approach is significantly better than its competitors. Besides, the energy consumption of our proposed algorithm is just 0.06 J per node and far more better than the distributed algorithm. Conclusively, our proposed framework is a significant candidate for IoT and big data applications requiring energy-efficient localization.

Keywords: Internet of Things, Big Data, Cloud Computing, Wireless Sensor Networks, Localization, Robots.

Bulut Tabanlı Sensör ve Robot Ağlarında Konumlandırma için Büyük Veri Analizi Çerçevesi

Öz

Nesnelerin İnterneti (IoT), İnternet üzerinden bağlı milyarlarca sensör cihazdan oluşturulmaktadır. Kablosuz sensör ağları (KSA'lar), ortamdaki büyük ölçekli veri sağlamak için IoT'nin çok önemli iletişim teknolojileridir. Toplanan veriler katlanarak büyüdüğü için bulut tabanlı büyük veri analizi tekniklerinin tasarımı çok önemlidir. Sensör ağlarda konumlandırma, referans düğümlerin koordinatlarına göre bir düğümün konumunu bulmaktır. Hedef takibi ve askeri gözetim gibi birçok uygulamada konumlandırmanın sağlanması gerekmektedir. Dağıtım aşamasında düğüm konumlarının manuel olarak girilmesi, özellikle büyük ölçekli sensör ağları için geçerli değildir. Ayrıca, her sensör düğümü için bir GPS alıcısı entegre etmek çok maliyetli bir çözümdür ve büyük ölçekli ağlar için uygun olmayabilir. Sensör düğümleri çoğunlukla pille çalıştığından, enerji açısından verimli bir konumlandırma yönteminin tasarımı, ağın ömrünü uzatmak için oldukça önemlidir. Mevcut konumlandırma teknikleri, yüksek enerji tüketimine neden olan birçok mesaj iletimini gerektirebilir. Bu sorunu çözmek için, bu makalede enerji açısından verimli bir konumlandırma çerçevesi

* Sorumlu Yazar: zuleyhaakusta@gmail.com

önermekteyiz. Bir mobil robot, algılama alanı boyunca hareket ettirilmekte ve bu düğümleri yerelleştirmek için sensör düğümleriyle iletişim kurmaktadır. Önceki yaklaşımlardan farklı olarak, önerilen yaklaşımımız düğüm başına yalnızca 3 mesaj gerektirmektedir. Ayrıca, konumlandırma için gereken işlem çoğu sıradan düğümler tarafından gerçekleştirilmemektedir. Önerdiğimiz yaklaşımı ns2 benzetim ortamında simüle etmekteyiz. Önerdiğimiz yaklaşımın konumlandırma kalitesini ve enerji tüketimini rakipleriyle karşılaştırmaktayız. Ayrıca, konumlandırma kalitesini ve enerji tüketimini değişen düğüm sayılarına ve derecelerine göre ölçmekteyiz. Kapsamlı simülasyon sonuçlarından, önerdiğimiz yaklaşımın konumlandırma kalitesinin rakiplerinden önemli ölçüde daha iyi olduğunu elde etmekteyiz. Ayrıca, önerdiğimiz algoritmanın enerji tüketimi düğüm başına sadece 0,06 J'dir ve bu sonuç dağıtık algoritmadan çok daha iyidir. Sonuç olarak, bu makalede önerilen çerçevemiz, enerji verimli konumlandırma gerektiren IoT ve büyük veri uygulamaları için önemli bir adaydır.

Anahtar Kelimeler Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Konumlandırma, Robotlar.

1. Introduction

Internet of Things (IoT) is a network of billions of sensor nodes connected through Internet. Wireless sensor networks (WSNs) are indispensable IoT technologies used in the communication layer. Since the data collected by sensor nodes grow exponentially, design of big data analysis techniques located in cloud systems are of utmost importance (Harb et al., 2017)(Kim et al., 2019)(Tripathi et al., 2021). Localization in WSN involves determining the location of the sensor node based on the other nodes' coordinates (Alhmeidat and Yang, 2007) (Xiao and Ouksel, 2006). In many circumstances, it is necessary for a node in a WSN to be aware of its location. In large scale sensor networks, manually configuring the location into each node during the deployment is not applicable. Besides this, GPS is a very costly solution for large scale WSN; thus localization process is very important to reduce the costs (Karl and Willig, 2005). The localization objectives for sensor networks can be listed as follows:

- The error ratio of the localization should be as small as possible. The error ratio of the localization algorithm for a single node is $|M-R| / D$ where M is the measured distance from the origin, R is the real distance from the origin and D is the diagonal of the sensing area.
- The number of nodes equipped with GPS (reference nodes) should be as small as possible to avoid costs.
- The localization algorithm should consume low energy and should not dependent of the underlying protocols.

Existing localization techniques can be categorized as centralized and distributed. Centralized localization techniques that involve transmitting data to a central node or a sink node in order to calculate the location for each node are given in (Doherty et al., 2001), (Shang et al., 2003). After the localization computations are handled at the powerful central node, the results are spanned back to every node in the network. On the other hand, Niculescu (Niculescu and Nath, 2003) and Nagpal (Nagpal et al., 2003) proposed distributed localization approaches that rely on flooding technique to calculate the position of the nodes. In distributed localization approaches, generally some nodes are pointed as to be the reference roots in the network and they flood their localization data into the network. Multilateration technique is based on the following parameters from multi reference nodes: reference node locations together with the signal strength or time of arrival of signal. In the concept of iterative multilateration, the new localized ordinary nodes in the network can also be represented as the new reference nodes. Savarese (Savarase et al., 2002) proposed an iterative multilateration approach, in which the ordinary nodes

can be set as the new reference nodes if they are localized with the use of data from at least three reference nodes whose channels are not intersected. A detailed survey on localization approaches can be found in (Patwari et al., 2005). Localization methods mentioned above may require many message exchanges that may cause high energy consumption. Since WSNs generally consist of battery-powered sensor nodes, minimizing energy consumption is crucial to maximize the network lifetime. In this manner, we propose an energy-efficient localization technique in this paper. In contrast to the previous work, our framework requires only 3 messages per node. We implement our proposed approach in ns2 simulator. We explain our design and the results of our implementation in the rest of this paper.

2. Material and Method

2.1. Network Model

In our hybrid network model shown in Fig. 1, there are three types of devices: Ordinary sensor device (node), sink sensor device (sink node) and mobile robot device. The following assumptions are made about the network:

- Each device has distinct device id. The sensor devices are stationary. The robot device is mobile and has a map of the network area. The robot can plan a path.
- Links between all devices are symmetric. Thus if there is a link from u to v , there exists a reverse link from v to u . The distances between nodes determine the quality of the links. The quality of the link reduces with the distance. The model can be represented as an edge weighted graph.
- The sensor devices do not know their positions. They are not equipped with a position tracker like a Global Positioning System (GPS) receiver. The robot device can learn its position via GPS.
- The ordinary sensor devices are equal in terms of processing capabilities, radio, battery and memory. The sink sensor device (IoT gateway) and mobile robot may communicate over Internet to send the aggregated data to the user. The robot device has all the capabilities mentioned above and enough energy, memory, radio and CPU resources to perform localization and clustering. The robot device is not responsible for collecting the sensed data from the ordinary sensor devices and forwarding the sensed data to the user, but it may be configured by the user over Internet.
- Big data analyzer is deployed on a cloud system where users can connect to gather information. Collected data is processed in this system.

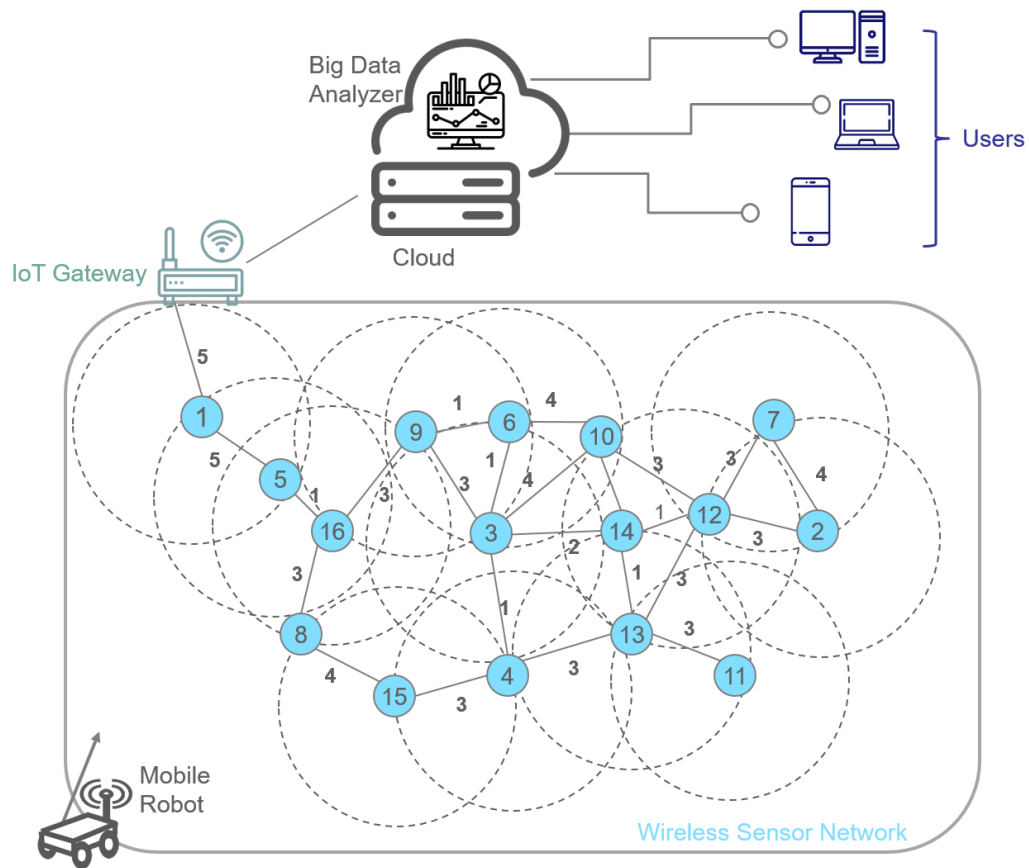


Figure 1. The Network Model

2.2. Proposed Framework

In order to decrease energy consumption caused by localization, we propose to use a robot that computes the position of each node while moving along the predefined path. This path is configured by the robot to reach every node in the network area as shown in Fig. 2. The robot uses trilateration as a localization technique. In this technique, three distance measurements and three positions are needed to calculate the position of the node. The robot's recorded positions should be non-collinear to use trilateration for localization technique. This is one of the reasons why we use a zigzag path, which allows robot to select positions along the path. The other reason is providing robot to reach all nodes in the network area. Any other path than zigzag path, that provides collection of non-collinear positions from nodes, as well as visiting all nodes in the network can be used.

In our localization algorithm, the robot moves along the predefined path, periodically stops and broadcasts a *REQUEST(x,y)* message to the sensor nodes. When a node receives *REQUEST(x,y)* message from the robot, it starts a timer that fires at (*node id x message transmission time*) seconds later if it has not received three *REQUEST* messages having collinear *x* and *y* coordinates. When the timer is fired, the node sends a *REPLY* message to the robot. This timer mechanism provides a time division multiple Access (TDMA) for the ordinary nodes thus collisions are prevented. When the robot receives a *REPLY* message, it records the RSS of the *REPLY* message and records its position at the time it received *REPLY* message from the

node. These RSS values and the position knowledge are necessary for the robot to calculate each node's position.

In Fig. 3, how the robot uses trilateration technique to calculate a node's position is depicted. In order to calculate node 8's position, robot collects three *REPLY* messages from node 8 at different positions ($L_1(x,y)$ to $L_3(x,y)$). By using distances and the robot's positions, robot calculates the node's position with trilateration technique. The equation for the trilateration are given in Eq. 1. For $1 \leq i \leq 3$, (X_{L1}, Y_{L1}) , (X_{L2}, Y_{L2}) , and (X_{L3}, Y_{L3}) are the selected coordinates of the mobile robot and d_{RSS1} , d_{RSS2} , d_{RSS3} are the derived distance values from the recorded RSS. By using the three derived equations, we find X_{node} . With the aim of decreasing energy consumption, after sending three *REPLY* messages, there is no need for the node to be awake; so it sleeps up to the finishing time of the robot's movement. In Observation 1, we summarize the theoretical basis of our approach. In Theorem 1, we give the message complexity of our framework.

$$(X_{node} - X_{L_i})^2 - (Y_{node} - Y_{L_i})^2 = d_{RSS_i}^2 \quad (1)$$

Observation 1. To localize nodes with trilateration, 3 non-collinear coordinates are needed.

Theorem 1. The message complexity of the framework is $O(3)$ per node.

Proof. Each node only replies 3 *REQUEST* messages since localization of a node in trilateration requires 3 messages coming from the robot. Thus the message complexity of the framework per node is $O(3)$. \square

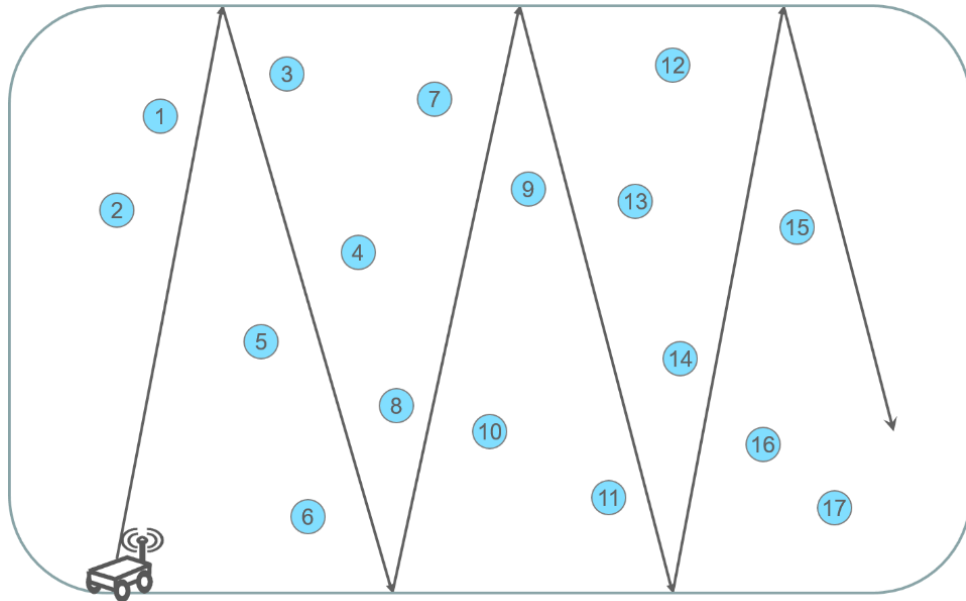


Figure 2. The Robot Moving in Predefined Path

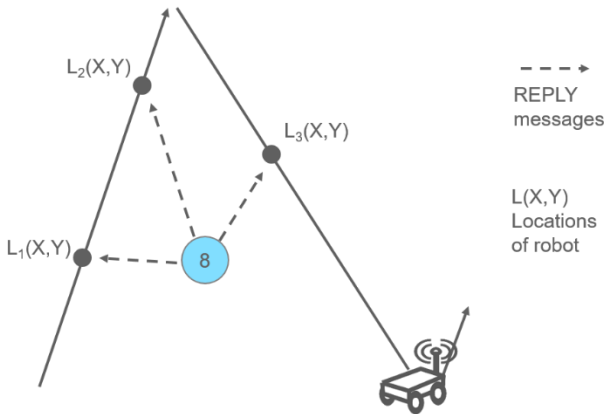


Figure 3. Localization Method

3. Results and Discussion

We implemented our framework in *ns2* (VINT, 2021). We generated randomly connected networks with 100 to 400 nodes that are uniformly distributed. The nodes are configured with IEEE 802.11 radio and MAC standards readily available in *ns2* simulator. Our algorithms only require *send*, *receive* primitives which are important services required from medium access control and physical layer, thus various types of lower layer standards can be used. Two way ground is used as the propagation model. Each node is equipped with a battery which is randomly assigned an energy value between 1J and 100J. The transmission power is 0.660 mW, the received power is 0.395 mW, and the communication range of a sensor node is 250 m. We measured the performance of the algorithms for average node degrees varying between 4, 5, and 6. To vary degrees, different flat surface areas were chosen as shown in Table 1.

To measure the clustering quality of the CDS algorithms, we use the number of clusters as the cluster quality metric since CDS algorithms are generally targeted to reduce the set size to approximate minimum CDS. When degree is increased, the cluster count produced by BICOT-CDS is decreased as shown in

Fig. 4.a since a cluster head may dominate more nodes in dense networks. As seen in Fig. 4.b, the cluster count generated by BICOT-CDS is approximately half of the number of clusters generated by DIST-CDS. As the network size increases, BICOT-CDS performs surely better than DIST-CDS.

TABLE 1. Size of Surface Areas (X x Y (m))

Node Count / Degree	4	5	6
100	2700 x 1200	2520 x 1200	2340 x 1040
200	5100 x 1200	4760 x 1120	4420 x 1040
300	7800 x 1200	7280 x 1120	6760 x 1040
400	10200 x 1200	9520 x 1120	8840 x 1040

All the nodes except the robot device in the simulation area are stationary. Localization accuracy, clustering quality and energy consumptions of the algorithms are measured. Table 2 summarizes the simulation parameters. We implemented an iterative trilateration algorithm to compare its localization performance with our framework. In the iterative trilateration technique (Karl and Willig, 2005) that we implemented, reference nodes send their positions to the other nodes in order to localize them. Once a node finds its position, it becomes a reference node.

TABLE 2. Simulation Parameters

Node Distribution	Random
Node Mobility	Robot is mobile, sensor nodes are stationary
Number of Sensors	100 - 400
Medium Access Control	802.11
Transmission Power	0.660w
Receiving Power	0.395w
Initial Energy	Randomly between 1J and 100J
Transmission Range	250 m
Node degrees	4, 5 and 6

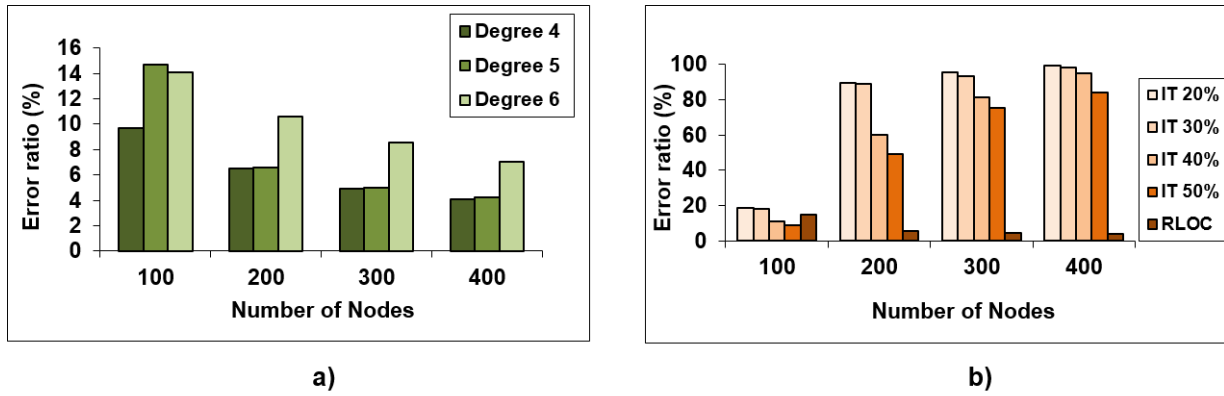


Figure 4. a) Error Ratios of RLOC vs. Node Count and Degree b) Error Ratios of Algorithms vs. Node Count

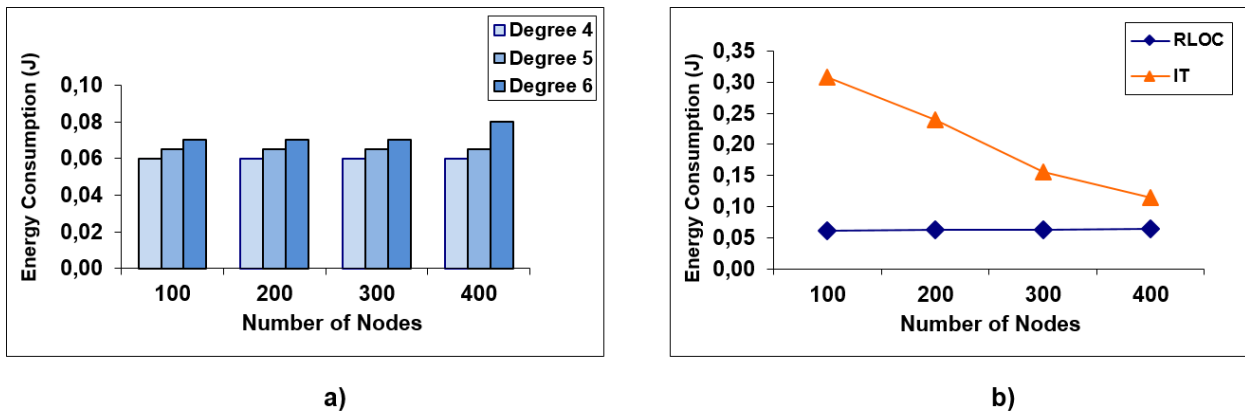


Figure 5. a) Energy Consumption of RLOC vs. Node Count and Degree b) Energy Consumption of Algorithms

3.1. Localization Performance

We firstly measured the localization accuracy of our framework against the varying degrees. Fig. 4.a shows the error ratio of the proposed localization approach. We calculated the overall error ratio of the algorithm as the average of all nodes'. The localization error ratio slightly increases as the network degree increases and localization error ratio decreases as the number of nodes increases as shown in Fig. 4.a. This shows that our localization approach is scalable.

We compared the localization error ratios of the iterative trilateration (IT) and robot based localization (RLOC). We varied the percentage of the reference nodes from 20% to 50%. As shown in Fig. 4.b, although the localization error ratio of IT decreases as the percentage of the reference nodes increases, the localization error ratio of the RLOC is far more smaller than the error ratios produced by IT.

3.2. Energy Consumption

We measured the energy consumptions of the algorithms. As shown in Fig. 5.a, when degree increases, the energy consumption per node slightly increases.

We compared the energy consumption of our framework and distributed approaches in Fig. 5.b. Our framework totally consumes just 0.06 J per node. As also shown in Fig. 5.b, our framework outperforms compared to the distributed approaches.

Conclusively, our framework's localization performance is far more better and energy consumption is significantly lower than its counterparts.

4. Conclusions and Recommendations

IoT is a very large scale network that includes billions of devices. WSNs collect data from the environment and the size of this data grow exponentially. Thus, the design of cloud based big data analysis methods is of utmost importance. Localization in WSNs aims to find the location of nodes based on other nodes' coordinates. Military surveillance and target tracking are example WSN applications in which maintaining localization is crucial.

To deal with this important problem, we propose a localization framework in this paper. In our framework, a mobile robot is traversed along the network area to provide a localization service to ordinary nodes. The robot sends a *REQUEST* message and collects *REPLY* messages from ordinary nodes. Our proposed algorithm requires only 3 messages per node different than the previous approaches.

We implement our proposed algorithms in ns2 simulator and measure the localization quality and energy consumptions. We reveal that our algorithm outperforms its competitors in terms of both localization quality and energy consumptions.

References

- Alhmiedat, T. A. and Yang, S. H. (2007) A survey: Localization and tracking mobile targets through wireless sensors network. *PGNet*.
- Doherty, L., Pister, K. S. J., and Ghaoui, L. E. (2001) Convex position estimation in wireless sensor networks. *Proc. of the 12th Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communications Societies*, Anchorage, Alaska, 22-26 April, pp. 1655-1663. IEEE Computer Society, Washington.
- Harb, H., Makhoul, A., Idrees, A., Zahwe and O. and Taam, M.. (2017) Wireless Sensor Networks: A Big Data Source in Internet of Things. *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control*.
- Karl, H. and Willig, A. (2005) *Protocols and architectures for wireless sensor networks*. John Wiley & Sons.
- Kim, B.-S, Kim, K.-I., Shah, B., Chow, F. and Kim, K. H. (2019) Wireless Sensor Networks for Big Data Systems, *Sensors* 19, no. 7, 1565.
- Nagpal, R., Shrobe, H., and Bachrach, J. (2003) Organizing a global coordinate system from local information on an ad hoc sensor network. *Proc. of the 2nd Int. Workshop on Information Processing in Sensor Networks*, Palo Alto, CA, USA, 22-23 April, pp. 333-348. Springer-Verlag, Berlin.
- Niculescu, D. and Nath, B. (2003) DV based positioning in ad hoc networks. *Telecommunication Systems*, 22, pp. 267-280.
- Patwari, N., Ash, J. N., Kyperountas, S., Hero, A. O., Moses, R. L., and Correal, N. S. (2005) Locating the nodes: Cooperative localization in wireless sensor networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 22(4), 54-69.
- Savarese, C., Langendoen, K., and Rabaey, J. (2002) Robust positioning algorithms for distributed ad-hoc wireless sensor networks. *Proc. of USENIX Technical Annual Conf.*, pp. 317-328.
- Shang, Y., Fromherz, M. P. J., Ruml, W., and Zhang, Y. (2003) Localization from mere connectivity. *Proc. of the 4th ACM Int. Symp. on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, Annapolis, Maryland, USA, 1-3 June, pp. 201-212. ACM Press, New York.
- Tripathi, A. K., Sharma, K., Bala, M., Kumar, A., Menon, V. G. and Bashir, A. K. (2021) A Parallel Military-Dog-Based Algorithm for Clustering Big Data in Cognitive Industrial Internet of Things, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 2134-2142.
- Xiao, L. and Ouksel, A. M. (2006) Scalable self-configuring integration of localization and indexing in wireless ad-hoc sensor networks. *Proc. of the 7th Int. Conf. on Mobile Data Management*, Nara, Japan, 9-13 May. IEEE, Washington.
- VINT project. (2021) Network Simulator version 2 (NS-2). *Technical Report*, available from: http://nstram.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page.



U-net Mimarileri ile Glioma Tümör Segmentasyonu Üzerine Bir Literatür Çalışması

Ayşe Baştuğ Koç^{1,2*}, Devrim Akgün³

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Gemlik Asım Kocabıyık Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8252-1728), aysebastugkoc@uludag.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8252-1728),

³ Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0770-599X), dakgun@sakarya.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.959590)

ATIF/REFERENCE: Baştuğ Koç, A., Akgün, D. (2021). U-net Mimarileri ile Glioma Tümör Segmentasyonu Üzerine Bir Literatür Çalışması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 407-414.

Öz

Evrışimli sinir ağı yöntemlerinden biri olan U-net, sınırlı miktarda eğitim verisi kullanarak görüntüleri hassas bir şekilde bölümlere ayırabilen, tıbbi görüntü analizi için geliştirilmiş bir görüntü bölümlenme tekniğidir. Basit, esnek ve genişletilebilir bir yapıda olup yüksek kalitede piksel düzeyinde bölümlenme sonuçları sunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, tıbbi görüntüleme toplulukları içerisinde çok yüksek bir fayda sağlamakta ve tıbbi görüntüleme bölümlenme görevleri için U-net ve varyasyonları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tomografi (CT) taramaları, Manyetik rezonans (MR) taramaları, X ışınları ve Mikroskopiye kadar büyük ana görüntü modalitelerinde U-net başarılı sonuçlar vermektedir. Ayrıca, U-net büyük ölçüde bölümlenme görevlerinde kullanıldığında, diğer uygulamalarda da U-net kullanımının örnekleri bulunmaktadır. U-net'in tıp ve diğer alanlarda kullanım potansiyeli her geçen gün artmaktadır. Mimari olarak U-net ve çeşitlerinin kullanıldığı tıbbi alandaki çalışmalar incelendiğinde en çok çalışılan alan beyin, en çok çalışılan görüntüleme yöntemi ise MR olarak karşımıza çıkmaktadır. MR tekniğinde, güçlü bir manyetik alan ortamında radyofrekans dalgaları aracılığıyla görüntü oluşturulmaktadır. Radyasyon içermeyen ve hastaya herhangi bir ilaç verilmeyen MR tekniği, yumuşak dokuların görüntülenmesinde kullanılmaktadır. MR Görüntüleme, vücudun anatomisini ve fizyolojisini araştırmak, kas ve eklem hastalıkları ve anormalliği içeren patolojileri, tümörleri, iltihaplanma ve inme gibi nörolojik durumları, kalp ve kan damarlarındaki anormallikleri tespit etmek için radyolojide sıkça kullanılmaktadır. Yetişkinlerde beyinde en çok rastlanan, kansere sebep olan ve ölüm oranı fazla tümör çeşiti glial tümörlerdir. Glial tümörlerden biri olan gliomlar erişkinlerde primer beyin tümörlerinin %75'ini oluşturur. Güvenilir bölümlenme algoritmaları hekimlere doku ve yapıları nicel olarak inceleme imkânı vererek beyin ile ilgili hastalıkları teşhis ve analiz etmede yardımcı olabilmektedir. Ancak beyin dokularının iç içe ve karışık şekli, türdeş olmayan yoğunluk dağılımı, belirsiz sınırları, gürültülü yapısı ve komşu beyin dokuları arasındaki düşük zıtlık sebebiyle beyin dokularının bölümlenmesi çok zorlayıcı bir görevdir. Söz konusu glial tümörler olduğunda aktif ve nekrotik (ölü) bölümler barındıran tümörün çok türlü yapısından dolayı bölümlenme işlemi daha da karmaşıklaşmaktadır. Tüm glial tümörlerde ölü ve aktif bölümler arasında belirgin bir sınır olmamakta ve tümörlerin bazılarında nekrotik bölümler varılmaktayken bir kısmında bulunmaması da bölümlenmeyi güçleştirmektedir. Literatürde U-net mimarileri, bahsedilen zorlukların üstesinden gelerek başarılı bir şekilde beyin glioma tümörlerinin segmentasyonunda kullanılmıştır. Bu incelemede son yıllarda U-net mimarileri kullanılarak beyin MR görüntüleri üzerinde BRATS veri setleri glioma tümör segmentasyonu yapan çeşitli çalışmalar derlenmiş ve bunlar hakkında karşılaştırmalı bilgiler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: U-net, Glioma Tümör, Bölümlenme.

A Literature Study on Glioma Tumor Segmentation with U-net Architectures

Abstract

U-net, one of the convolutional neural network methods, is an image segmentation technique developed for medical image analysis that can precisely segment images using a limited amount of training data. It has a simple, flexible and expandable structure and offers high quality pixel-level segmentation results. Thanks to these features, it provides a very high benefit in medical imaging communities, and the U-net and its variations are widely used for medical imaging segmentation tasks. U-net gives successful results in major main image modalities such as Tomography (CT) scans, Magnetic resonance (MR) scans, X-rays and Microscopy. Also,

* Sorumlu Yazar: aysebastugkoc@uludag.edu.tr

although the U-net is largely used in segmentation tasks, there are examples of using U-net in other applications as well. The potential of U-net's use in medicine and other fields is increasing day by day. When examining the studies in the medical field where U-net and its varieties are used architecturally, the most studied area is the brain, and the most studied imaging method is MR. In the MRI technique, images are created by radiofrequency waves in a strong magnetic field environment. The MR technique, which does not contain radiation and does not give any medication to the patient, is used in the imaging of soft tissues. MRI is widely used in radiology to investigate the anatomy and physiology of the body, to detect pathologies including muscle and joint diseases and abnormalities, tumors, neurological conditions such as inflammation and stroke, and abnormalities in the heart and blood vessels. Glial tumors are the most common type of tumors in the brain that cause cancer and have a high mortality rate. Gliomas, one of the glial tumors, constitute 75% of primary brain tumors in adults. Reliable segmentation algorithms can help physicians to diagnose and analyze brain-related diseases by allowing them to quantitatively examine tissues and structures. However, the segmentation of the brain tissues is a very challenging task due to the intertwined and mixed shape of the brain tissues, the heterogeneous density distribution, the vague boundaries, the noisy nature, and the low contrast between neighboring brain tissues. When it comes to glial tumors, the segmentation process becomes more complicated due to the multifarious nature of the tumor, which contains active and necrotic (dead) parts. In all glial tumors, there is no distinct boundary between dead and active parts, and some tumors have necrotic parts, while some of them do not exist, making segmentation difficult. In the literature, U-net architectures have been successfully used in the segmentation of brain glioma tumors, overcoming the mentioned difficulties. In this review, various studies using U-net architectures on BRATS datasets for glioma tumor segmentation on brain MRI images were compiled in recent years and comparative information about them was presented.

Keywords: U-net, Glioma Tumor, Segmentation.

1. Giriş

Son yıllarda bilgisayarlı görme alanında derin öğrenmedeki gelişmeler sayesinde, tıbbi görüntülerin analizinde derin öğrenme giderek daha fazla kullanılmaktadır. Derin öğrenmenin kullanımı birçok farklı alanda hızlı bir büyüme gösterirken, tıbbi görüntüleme alanında hala bazı zorluklara karşı karşıya kalmaktadır. Yıllarca bu çeşitli zorlukların üstesinden gelmek için birçok çığır açan yöntem geliştirilmiştir. Şimdiye kadarki en başarılı görüntü analizi yöntemleri derin öğrenme yöntemlerinden olan evrişimli sinir ağlarıdır (CNN). Görüntü analizi için kullanılan AlexNet, ResNet, VGG ve U-Net gibi birkaç popüler CNN mimarisi vardır. Bu CNN yöntemlerinden, U-net olağanüstü başarılar elde etmiştir ve bu nedenle tıbbi görüntü segmentasyonları için popüler teknoloji haline gelmiştir (Siddique, Sidike, Elkin ve Devabhaktuni, 2020).

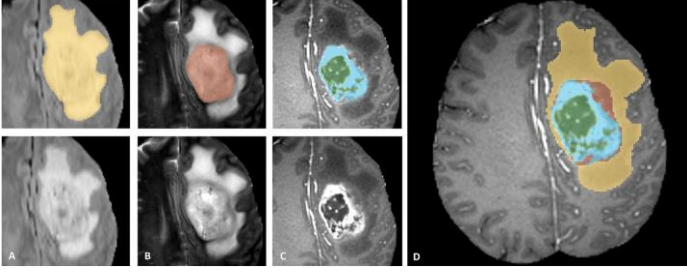
CNN yöntemlerinden biri olan U-net (Ronneberger, Fischer ve Brox, 2015), sınırlı miktarda eğitim verisi kullanarak görüntüleri hassas bir şekilde bölümlere ayırabilen, tıbbi görüntü analizi için geliştirilmiş bir görüntü bölümlenme tekniğidir. Basit, esnek ve genişletilebilir bir yapıda olup yüksek kalitede piksel düzeyinde bölümlenme sonuçları sunmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, tıbbi görüntüleme toplulukları içerisinde yüksek bir başarı sağlamak ve tıbbi görüntüleme bölümlenme görevleri için U-net ve varyasyonları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. CT taramaları, MR taramaları, X ışınları ve Mikroskopiyeye kadar birçok görüntü türlerinde U-net faydalı sonuçlar vermektedir. Büyük ölçüde U-net bölümlenme görevlerinde kullanılsada, diğer uygulamalarda (sınıflandırma gibi) da U-net kullanımının örnekleri mevcuttur. U-net'in tıp ve diğer alanlarda her geçen gün kullanım potansiyeli artmaktadır. Mimari olarak U-net ve çeşitlerinin kullanıldığı sağlık alandaki çalışmalar incelendiğinde en çok çalışılan alan beyin, en çok çalışılan görüntüleme yöntemi ise MR olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu inceleme kapsamında U-net mimarileri kullanılarak beyin MR görüntüleri üzerinde beyinde en sık görülen ve ölüm oranının yüksek olduğu glioma tümör segmentasyonu yapan çalışmalar incelenecektir.

Beyin tümörleri, beyin dokusunda veya etrafındaki patolojik hücrelerin anormal ve kontrolsüz çoğalması ile oluşmaktadır. Kökenlerine göre kabaca birincil ve ikincil beyin tümörleri olarak iki kategoriye ayrılabilirler. Birincil beyin tümörlerinde, hücrelerin anormal büyümesi beyinin içinde başlar; ikincil beyin

tümörleri (metastatik tümörler) kanserli hücrelerin, göğüs, akciğer, böbrekler gibi vücudun diğer bölümlerinden beyne yayılmasıyla oluşur. Birincil beyin tümörü kanserli (kötü huylu) veya kanserli olmayan (iyi huylu) olabilir. En yaygın birincil beyin tümörü tipi, gliomlardır. Beyin glial hücrelerinden ortaya çıkar. Yetişkinlerde beyinde en çok rastlanan, kansere sebep olan ve ölüm oranı fazla tümör çeşiti glial tümörlerdir. Gliomlar erişkinlerde birincil beyin tümörlerinin %75'ini oluşturur (Tüzün, Hanağası, Sabancı, Demir ve Yazıcı, y.y.). Düşük dereceli (yavaş büyüyen) glioma (LGG) veya yüksek dereceli (hızlı büyüyen) glioma (HGG) olarak 2 türü vardır. Aynı zamanda glioblastoma multiform (GBM) olarak da adlandırılır (Louis ve diğerleri, 2016). Gliomlar, buldukları yere ve büyüme oranlarına bağlı olarak beyin işlev bozukluğuna neden olabilir ve yaşamı tehdit edebilir, bu nedenle erken teşhisleri başarılı tedavi ihtimalini büyük ölçüde artırır. Gliomalı hastaların derin özelliklerinin MR görüntüleme ile çıkarılması genel hayatta kalma süresinin tahmini için önemlidir (Nadeem ve diğerleri, 2020). MR görüntüleme, beynin ayrıntılı görüntülerini sağlayabilen noninvazif radyasyonsuz bir tanı aracıdır ve yumuşak doku kontrastını gösterme yeteneği nedeniyle standart bir teknik olarak kabul edilir. MR görüntüleme, vücudun anatomisini ve fizyolojisini araştırmak, kas ve eklem hastalıkları ve anormalliği içeren patolojileri, tümörleri, iltihaplanma ve inme gibi nörolojik durumları, kalp ve kan damarlarındaki anormallikleri tespit etmek için radyolojide sıkça kullanılmaktadır (Chihati ve Gaceb, 2020).

Beyin tümörlerinin çoğu için ameliyat olağan tedavi olsada, fiziksel olarak çıkarılamayan tümörlerin büyümesini ve yayılmasını yavaşlatmak veya durdurmak için radyasyon ve kemoterapi kullanılabilir. Fakat sağlıklı dokuları korumak için herhangi bir ameliyat veya tedavi planlamadan önce, tümörü segmentlere ayırmak çok önemlidir. Beyin tümörü segmentasyonu; aktif tümör, ödem ve nekroz gibi farklı tümör dokularının, gri madde, beyaz madde ve beyin omurilik sıvısı gibi normal beyin dokularından teşhis edilmesini, tanımlanmasını ve ayrılmasını içerir. Beyin glioma tümörünün yapısı Şekil 1'de MR görüntüsü üzerinde gösterilmiştir. Her bir MR sekansı belirli bir dokuyu belirgin göstermek için dikkatlice tasarlanmıştır. Her bir sekansın faydasını ve sınırlarını anlamak önemlidir, böylece uygun MR sekansları seçilir ve hastanın durumuna göre tarama yapılır. Beyin bölümlenme işlemi gerçekleştirilmeden önce hangi dokunun hangi MR görüntü sekansında net bir şekilde görüldüğü saptanmalıdır. Tümör

alanlarını tespiti için daha çok T1 ve T2 MR sekans görüntüleri incelenerek tümör hangisinde daha net görülüyorsa kullanılır. Ödemli alanlarının tespiti için de genellikle T2 veya FLAIR MR sekans görüntüleri kullanılır (Mathews ve Mohamed, 2020).



Şekil 1. Üç MR Görüntüleme Yöntemi ile Tümör Görünümü (A = FLAIR, B = T2, C = T1c) ve Bunların Birleşimi(D). Soldan Sağa: Tüm Tümör (Whole Tumor (WT)) (Sarı), Tümör Çekirdeği (Tumor Core(TC)) (Kırmızı), Aktif Tümör Yapıları (Enhancing Tumor (ET)) (Açık Mavi), Kistik / Nekrotik (Ölü Doku) Yapı(Yeşil) (Menze ve diğerleri, 2014).

Segmentasyon klinik rutinde, teşhis, tümör ilerlemesinin izlenmesi, tedavi planlaması, hastalık sonucunun tahmini için değerli bilgiler sağlar. Bununla birlikte, radyolojik görüntülerde doğru tümör segmentasyonu hala zorlu bir görevdir. Çünkü bu tümörler heterojen bir görünüme sahiptir ve beyin herhangi bir yerinde, herhangi bir boyut ve şekilde ortaya çıkabilir ve sınırları genellikle düzensiz, bulanık olup sağlıklı dokulardan ayırt edilmesi oldukça zordur (Havaei ve diğerleri, 2017). Ayrıca MR görüntülerinde voksel değerlerinin ölçeği standardize edilmediğinden patolojik dokuların görünümü kurumdan kuruma değişiklik gösterebilir. MR görüntülerinde tümör alt bölgelerini manuel olarak dilimlere ayırmak uzmanlar gerektirir. Manuel segmentasyon, uzmanlar arası değişkenliğe eğilimli olan pahalı, zaman alıcı ve sıkıcı bir görevdir. Beyin tümörünün erken teşhisi için tam otomatik ve bilgisayar destekli segmentasyon algoritmalarının kullanılması hekimlere yardımcı olmakta ve onların işlerini kolaylaştırmaktadır. Birçok araştırmacının önerdiği çeşitli segmentasyon yöntemleri bulunmaktadır. Özellikle son zamanlarda derin öğrenme yöntemlerinin gelişmesiyle tıbbi görüntü segmentasyonu alanında dikkate değer başarılar gerçekleştirilmiştir. Derin öğrenme yöntemlerinden, evrişimli bir sinir ağı olan U-net olağanüstü başarılar elde etmiştir ve bu nedenle tıbbi görüntü segmentasyonları için popüler ve yaygın bir teknoloji olmuştur.

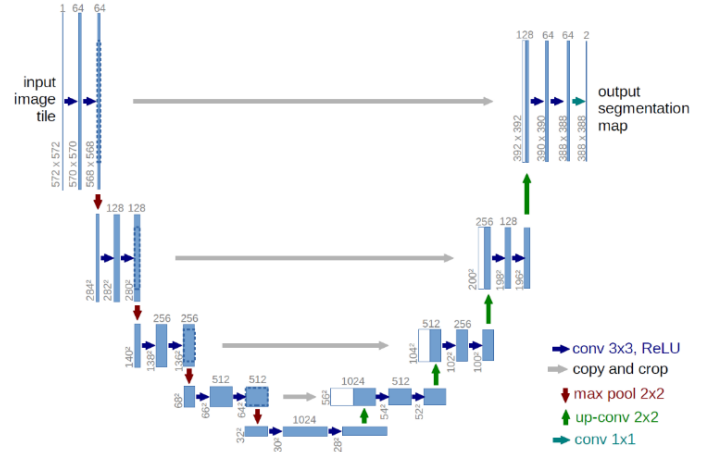
2. Materyal ve Metot

2.1. U-net

U-net (Ronneberger ve diğerleri, 2015), öncelikle görüntü bölümlenme için tasarlanmış bir evrişimli sinir ağı mimarisidir ve yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir. U-net'in eğitim süresi nispeten kısadır, basit bir yapıya ve daha az parametreye sahiptir. Diğer ağlara kıyasla daha az uygulama verisi talep etmektedir. U-net simetrik, alt örnekleme yolu ile üst örnekleme yolu arasındaki atlama bağlantıları bulunmaktadır. Bu simetrik yollarından dolayı U şekline benzediği için bu ismi almıştır. Bir daralan alt örnekleme yolundan (sol taraf) ve genişleyen üst örnekleme yolundan (sağ taraf) oluşmaktadır. Alt örnekleme yolu, tipik bir konvolüsyonel ağıdır. 4 bloktan oluşur ve her blok 2 adet 3x3 konvolüsyon katmanı + aktivasyon fonksiyonu (toplu normalleştirme ile) ve bir adet 2x2 maksimum havuzlama katmanı içerir. Özellik haritalarının sayısı her havuzlama

işleminde ikiye katlanır. Alt örnekleme yolunun amacı, segmentasyon yapabilmek için girdi görüntüsünün içeriğini yakalamaktır. Bu bağlamsal bilgi daha sonra atlama bağlantıları yoluyla örnekleme yoluna aktarılır. Genişleyen üst örnekleme yolu da 4 bloktan oluşmaktadır. Bu bloklar dekonvolüsyon katmanı, alt örnekleme yolundan gelen özellik haritası ile birleştirme, 3x3 konvolüsyon tabakası + aktivasyon fonksiyonu (toplu normalleştirme ile) adımlarını içerir. Son olarak, özellik haritasını gerekli sayıda kanala indirgemek ve segmentli görüntüyü üretmek için ek bir 1x1 konvolüsyon işlemi uygulanır.

U-net yapısının sahip olduğu bazı üstünlükler vardır. Bunlar: 1.Ağı eğitmek için sınırlı sayıda örneği destekler. 2.Çok ölçekli bir tanıma ve füzyon ile görüntü özelliklerinin farkına varır. 3.Basit ve esnek bir yapısı vardır. 4.Yüksek kalitede piksel düzeyinde bölütlenme sonuçları sunar. Orijinal U-net yalnızca tıbbi segmentasyon uygulamalarında iyi bir performans göstermekle kalmaz, aynı zamanda esnek ve genişletilebilir yapıya sahiptir. Böylece geliştirilmiş model, farklı görüntülerde yeni görevlere başarılı bir şekilde uyum sağlayabilir(L. Liu ve diğerleri, 2020). U-net, 2015'teki ortaya çıkışından bu yana, tıbbi görüntüleme kullanımında bir patlama görmüştür. Bu durumda, U-net mimarisinde araştırmacılar tarafından yeni yöntemler uygulayan veya diğer görüntüleme yöntemlerini U-net'e dahil eden birçok gelişme olmuştur. Sadece tıbbi alanda değil farklı birçok alanlarda da kullanımı her geçen gün artmaktadır.



Şekil 2. U-net Yapısı (Ronneberger ve diğerleri, 2015). Renkli Oklar Farklı İşlemleri (Sağ Alt Alanda Belirtilen), Mavi Kutular Her Katmandaki Özellik Haritasını ve Beyaz Kutular; Alt Örnekleme Yolundan Kırılan Özellik Haritalarını Temsil Eder.

2.2. Değerlendirme Ölçütleri

Segmentasyon performans değerlendirmesi birkaç yolla yapılabilmektedir. Araştırmacılar sonuçları doğrulamak için farklı teknikler kullanmışlardır. Bölütlenme çalışmalarında daha çok pozitif tabanlı metrikler kullanılmaktadır. Çünkü bölütlenmede örtüşme alanlarının (Doğru pozitiflerin sayısı, Yanlış pozitiflerin sayısı, Yanlış negatiflerin sayısı) niteliği ölçütler önemlidir. Beyin glioma tümörü segmentasyonu için en yaygın performans değerlendirme ölçütleri; Dice Örtüşme İndeksi veya Dice Benzerlik Katsayısı, Özgüllük(Specificity), Hassasiyet(Sensitivity)'dir (Rajput ve Raval, 2020).

Dice skoru, etiketlenmiş ve tahmin edilmiş bölgeler arasındaki çakışmayı göstermektedir. Etkin örtüşme alanının bütün bir birleşimde ne kadar etkin olduğunu ifade eder. Dice skoru, kesin referans ile tahmin arasındaki örtüşme tabanlı bir

ölçüt olup 0-1 arasında değer alır. Örtüşme alanı, birleşme alanına eşit ise 1'e eşittir ve mükemmel bir bölütlemenin gerçekleştiği söylenebilir. Denklem 1'deki gibi hesaplanır. Her tümör bölgesi için P model tahminini ve T temel gerçek etiketlerini temsil etmektedir.

$$Dice\ skor(P,T) = \frac{2 * |P \cap T|}{|P| + |T|} \quad (1)$$

Özgüllük, doğru şekilde tanımlanan negatif örneklerin oranını ölçer. Denklem 2'deki gibi hesaplanır. Burada TN doğru negatiflerin sayısını, FP yanlış pozitiflerin sayısını verir.

$$Özgüllük = \frac{TN}{TN + FP} \quad (2)$$

Hassasiyet, pozitif örneklerin başarılı tahminin oranını ölçer. Denklem 3'deki gibi hesaplanır. Burada TP doğru pozitiflerin sayısını, FN yanlış negatiflerin sayısını verir.

$$Hassasiyet = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

3. Literatür Çalışması

3.1. U-net ile Beyin Tümörü Segmentasyonu

Beyin tümörü segmentasyonu yöntemleri yaygın olarak BRATS (Menze ve diğerleri, 2014), (Bakas ve diğerleri, 2017), (Bakas ve diğerleri, 2018) veri kümelerini kullanmaktadır. Yöntemler bu veri seti ile iyi bir şekilde karşılaştırılabilir. BRATS meydan okuması, MR görüntü taramalarında beyin tümörlerinin segmentasyonu için en yeni yöntemleri değerlendirmek için MICCAI konferansı ile birlikte yıllık olarak düzenlenmektedir. Bu meydan okuma, yöntemlerin performanslarını tarafsız bir şekilde değerlendirmek ve karşılaştırmak için açıklamalı yüksek dereceli gliomalar ve düşük dereceli gliomalardan oluşan geniş bir veri seti kümesi sağlamaktadır. Tüm BRATS MR görüntülerinin kafatası soyulmuş, aynı anatomik şablon üzerinde ortak kaydedilmiş, aynı çözünürlükte enterpolasyonlu ve birkaç değerlendirici tarafından manuel olarak bölümlere ayrılmıştır. Bu ek açıklamaları radyologlar tarafından onaylanmıştır. BRATS veri seti, 2012'de ilk olarak oluşturulmasından bu yana sürekli olarak güncellenmektedir. BRATS veri seti, 4 sekanslı beyin MR görüntü modaliteleri içermektedir: T1 MR, T2 MR, gadolinyum kontrastlı T1 ağırlıklı (T1-Gd) MR ve Sıvı Zayıflatılmış Ters Çevirme (FLAIR) MR. Her sekans tanıda farklı bir rol oynamaktadır. Genel olarak T1 MR görüntülerinde sağlıklı dokular ayırt edilebilir, T2 MR görüntülerde ödemli bölgeler gösterilir, tümör sınırını ayırt etmek için T1-Gd MR görüntüleri kullanılır, FLAIR MR görüntülerinde ödemli bölgeler beyin omurilik sıvısından ayırt edilebilir (Chihati ve Gaceb, 2020).

U-net tabanlı modellerin diğer beyin tümörü segmentasyonu modellerine göre daha üstün olduğu kanıtlanmıştır. Basit ve yüksek doğrulukta olması sebebiyle BRATS 2018 yarışmasına yapılan % 50'den fazla başvuru U-net'e dayalı olmuştur (Ghaffari, Sowmya ve Oliver, 2019). Beyin Glioma tümörü segmentasyonu için U-net derin öğrenme mimarisini ve varyasyonlarını ve 2015-2020 yılları arasındaki BRATS veri setlerini kullanan bazı son yıllardaki çalışmalara Tablo 1'de genel bir bakış yapılmıştır. Bu çalışmaların performans değerlendirmeleri Dice skorları ile sunulmuştur. Araştırmacılar U-net modelini değiştirme, veri kümesi boyutunu artırma, ön işleme, parametre optimizasyonları gibi farklı teknik çalışmalarla Dice skor değerini yükseltmeye çalışmışlardır. Veri artırma, örneklerin boyutunu artırmaya ve orijinal veriye rastgele varyasyonlar ekleyerek aşırı uyumu azaltmaya yardımcı olmuştur.

(Kim, 2017) çalışmasında, artan derinliğin performansı iyileştirip iyileştirmediğini test etmek için U-net'e çift evrişim katmanları, başlangıç modülleri ve yoğun modüller gibi bir dizi değişiklik ekleyerek derin 2 boyutlu bir mimari elde etmişlerdir. Sonuçlar, derin mimarilerin performansı artırdığını göstermiştir. Ayrıca, veri artırma yapmadan görüntüler üzerinde yapılan farklı oryantasyonlar ile eğitim yaparak performansı artırmışlardır. (Hu ve Xia, 2017) çalışmalarında, çok sekanslı MR görüntüleme kullanarak nekroz, ödem, artışı olan ve artış göstermeyen tümör dahil olmak üzere müşterek beyin tümörü tespiti ve tümör içi yapı segmentasyonu için 3 boyutlu derin sinir ağı tabanlı bir algoritma önermişlerdir. Kademeli U-net'den oluşan bir topluluk, tümörü saptamak ve tümör içi yapı segmentasyonu için derin bir evrişimli sinir ağı oluşturmuşlardır. Sonuçlar umut verici bir performansa sahip olmuştur. (Shreyas ve Pankajakshan, 2017) çalışmalarında, rekabetçi performans ve son teknoloji modelden daha hızlı çalışma süresi ile sonuçlanan yeni ancak basit bir tamamen evrişimli ağ (FCN) önermişlerdir. Yöntemleri o günün son teknolojilerinden yaklaşık 18 kat daha hızlıdır. (Isensee ve diğerleri, 2018) çalışmalarında, BRATS 2018 veri seti üzerinde iyi eğitilmiş bir U-net'in etkinliğini göstermişlerdir. Araştırmacıların çoğunun segmentasyon performansını iyileştirmeyi amaçlayan mimari modifikasyonlarla birbirlerini en iyi şekilde kullandığı göz önüne alındığında bu çalışma özellikle ilginçtir. Segmentasyon performansını iyileştirmek yerine, yalnızca küçük değişikliklere sahip olan iyi eğitilmiş bir U-net'in yenilmesinin zor olduğunu savunarak eğitim sürecine odaklanmışlardır. Bu yapı, meydan okumaya 60'tan fazla takımın katıldığı BRATS 2018'de ikinci sırada yer almıştır. (Kong ve diğerleri, 2018) çalışmalarında, U-net modelini genişletmişlerdir ve farklı bölge tabanlı bağlamı birleştiren küresel bağlam bilgisini araştıran yeni bir hibrit piramit U-net (HPU-Net) modeli önermişlerdir. Global bağlam bilgisi kombinasyonu, tümör segmentasyon görevlerinde kaliteli sonuçlar üretmek için etkilidir ve HPU-Net'in, piksel düzeyinde tahmin için daha iyi bir çerçeve sağladığını belirtmişlerdir.

Tablo 1. Beyin Tümörü Segmentasyonu İçin U-net Derin Öğrenme Mimarisini Kullanan Çalışmalar

Referans	Metot	Veriseti Adı	Değerlendirme (Dice Skoru)		
			WT	CT	ET
(Kim, 2017)	Çift konvolüsyon katmanı, Başlangıç modülü ve Yoğunluk modülü eklenen bir U-net	BRATS 2017	0.88	0.73	0.75
(Hu ve Xia, 2017)	3 boyutlu derin sinir ağı, Basamaklı U-net	BRATS 2017	0.81	0.69	0.55
(Shreyas ve Pankajakshan, 2017)	U-net	BRATS 2015	0.83	0.75	0.72
(Isensee ve diğerleri, 2018)	3 boyutlu U-net	BRATS 2018	0.87	0.80	0.77
(Kong ve diğerleri, 2018)	Yeni Hibrit piramit U-net (HPU-net)	BRATS 2015	0.90	0.71	0.78
(W. Chen ve diğerleri, 2018)	Başlangıç bloğu ve Artık bloğu olan Ayrılabilir 3 boyutlu U-net (S3D-UNet)	BRATS 2018	0.89	0.83	0.74
(S. Chen, Ding ve Liu, 2019)	Çift kuvvet eğitimi ile U-net	BRATS 2015	BRATS 2015		
			0.84	0.69	0.64
		BRATS 2017	BRATS 2017		
			0.89	0.78	0.70
(H. Liu ve diğerleri, 2019)	Basamaklı U-net (CU-Net)	BRATS 2017	0.88	0.83	0.76
(Wang ve diğerleri, 2019)	Beyin bazlı normalizasyon ve yama stratejileri yardımıyla 3 boyutlu U-net	BRATS 2019	0.894	0.807	0.737
(Henry ve diğerleri, 2020)	Derinlemesine denetim ve stokastik ağırlık ortalamasına sahip 3 boyutlu U-net	BRATS 2020	0.91	0.85	0.81
(Rafi ve diğerleri, 2020)	Temel U-net	BRATS 2019	0.84	0.80	0.63
(Aboelenein ve diğerleri, 2020)	Hibrit iki kanallı U-net (HTTU-Net)	BRATS 2018	0.865	0.808	0.745
(Zhang ve diğerleri, 2020)	Dikkat ve Artık bloğu olan 2 boyutlu U-net (AResU-net)	BRATS 2018	0.876	0.810	0.773
(Yang ve diğerleri, 2020)	Genişletilmiş evrişimli yapıya sahip yeni bir U-net (DCU-Net)	BRATS 2018	0.91	0.78	0.83
(Colman ve diğerleri, 2020)	104 evrişimli katmana sahip bir 2 boyutlu Derin Artık bloklu U-net (DR-UNet104)	BRATS 2020	0.8862	0.6721	0.6756
(Qamar, Ahmad ve Shen, 2020)	Aşırı Yoğun Başlangıç Modüllü 3 boyutlu U-net (HINet)	BRATS 2020	0.874	0.837	0.794
(Tan ve diğerleri, 2021)	Derin ayrılabilir konvolüsyon katmanlı, Artık atlama bağlantılı, Aktif kontur model eklemeli U-net (ACU-net)	BRATS 2015 BRATS 2018 BRATS 2019	0.9273	0.9580	0.8429
(Awasthi, Pardasani ve Gupta, 2021)	Çok-eşikli Dikkat bloklu U-net (MTAU)	BRATS 2020	0.72	0.61	0.59
(Lin ve diğerleri, 2021)	Derin denetimli yeni bir 3 boyutlu bağlam U-net	BRATS 2019	0.8693	0.8013	0.7782
(Ahmad ve diğerleri, 2021)	Artık-Genişlemiş Yoğun Atlamalı-Uzaysal Piramit Havuzlama (RD2A) 3 boyutlu U-net	BRATS 2018	BRATS 2018		
			0.90	0.84	0.78
		BRATS 2019	BRATS 2019		
			0.90	0.82	0.71

(W. Chen ve diğerleri, 2018) çalışmalarında, 2 boyutlu konvolüsyonların hacimsel medikal görüntü verilerinin uzamsal bilgisini tam olarak kullanamazken, 3 boyutlu konvolüsyonların yüksek maliyetli hesaplama maliyeti ve bellek talebinden muzdarip olduğu sorunlarını çözmek için, ayrılabilir 3 boyutlu evrişimler kullanan yeni bir Ayrılabilir 3 boyutlu U-net mimarisi önermişlerdir. (S. Chen ve diğerleri, 2019) çalışmalarında,

öğrenilen hiyerarşik özelliklerin kalitesini artırmak için bir dizi yaklaşım önermişlerdir. Katkıları dört yönden oluşmaktadır. İlk olarak, daha doğru segmentasyon için çok seviyeli bilgileri kullanmak üzere popüler DeepMedic modelini Çok Seviyeli DeepMedic'e genişletmişlerdir. İkinci olarak, derin modellerden öğrenilen çok seviyeli özelliklerin kalitesini teşvik etmek için yeni bir çift kuvvetli eğitim planı önermişlerdir. Genel bir eğitim

şemasıdır ve birçok mevcut mimariye, örneğin DeepMedic ve U-net'e uygulanabilir. Üçüncü olarak, derin modellerin üst düzey katmanlarını daha soyut bilgiler öğrenmeye teşvik etmek için yardımcı sınıflandırıcı olarak etiket dağıtımına dayalı bir kayıp fonksiyonu tasarlamışlardır. Son olarak, derin modellerin tahmin sonuçlarını iyileştirmek için yeni bir Çok Katmanlı Algılayıcı tabanlı işlem sonrası yaklaşımı önermişlerdir. (H. Liu ve diğerleri, 2019) çalışmalarında, beyin tümörü segmentasyonu için yeni bir kademeli U-net önermişlerdir. Beyin tümörünün farklı hiyerarşik yapısından esinlenerek, önce tüm tümörün segmentlere ayrıldığı ve ardından tümörün iç alt yapılarının daha da segmentlere ayrıldığı kademeli bir derin ağ çerçevesi tasarlamışlardır. Kademeli yapıların getirdiği ağ derinliğinin artmasının daha derin katmanlarda doğru yerleştirme bilgilerinin kaybolmasına yol açtığını düşünerek, özellikleri aynı çözünürlükte birbirine bağlamak ve ayrıntılı bilgileri sığ katmanlardan daha derin katmanlara iletmek için ağlar arası bağlantılar kurmuşlardır. Ardından, dengesiz veri sorununu ortadan kaldırmak için bir kayıp ağırlıklı örnekleme (LWS) şeması sunmuşlardır. (Wang ve diğerleri, 2019) çalışmalarında, beyin bazlı normalizasyon ve yama stratejileri yardımıyla 3 boyutlu U-net tabanlı bir derin öğrenme modeli eğitmişlerdir. Ayrıca, tümör boyutunun beyin boyutuna oranı ve tümör yüzey alanı gibi sayısal özellikler ve deneklerin yaşı, tahmin edilen tümör etiketlerinden çıkartılmışlardır ve genel hayatta kalma günlerini tahmin görevi için kullanmışlardır. (Henry ve diğerleri, 2020) çalışmalarında, esas olarak derin denetim ve stokastik ağırlık ortalamasına sahip birden çok U-net gibi sinir ağlarını eğitmişlerdir. İki farklı eğitim hattından iki bağımsız model grubu eğitilmiştir ve her biri bir beyin tümörü segmentasyon haritası üretmişlerdir. Hasta başına bu iki etiket haritası daha sonra, her bir grubun spesifik tümör alt bölgeleri segmentasyonu için performansı dikkate alınarak birleştirilmiştir. Genel olarak yaklaşımları, her tümör alt bölgesi için iyi ve dengeli performans sağlamıştır.

(Rafi ve diğerleri, 2020) çalışmalarında, her pikseli segmentlere ayırmak için, dilim tabanlı 2 boyutlu U-net'in basitleştirilmiş bir versiyonunu tasarlamışlardır ve yaşam süresini tahmin etmek için radyomik özellikleri analiz etmişlerdir. (Aboelenein ve diğerleri, 2020) çalışmalarında, beyin tümörü segmentasyonu için bir Hibrit İki Kanallı U-net (HTTU-Net) mimarisi önermişlerdir. Bu mimari, Leaky Relu aktivasyonunu ve toplu normalizasyonu kullanmaktadır. Sonuçları oldukça karşılaştırılabilir uzman insan seviyesi performansı olduğunu doğrulamış ve uzmanların teşhis süresini azaltmalarına yardımcı olabilmıştır. (Zhang ve diğerleri, 2020) çalışmalarında özellik çıkarımında, dikkat mekanizmasını yerel önemli tepkilerin etkilerini keşfetmek için mevcut U-net mimarisine dahil etmişlerdir. Daha spesifik olarak, beyin tümörünün daha fazla performans iyileştirmesi için aynı anda dikkat mekanizmasını ve kalan birimleri U-net'e yerleştiren uçtan uca 2 boyutlu beyin tümörü segmentasyon ağı, yani dikkat rezidüel U-net (AResU-Net) önermişlerdir. Beyin tümörü segmentasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında kenar çizgilerinin daha iyi bulduklarını görmüşlerdir. (Yang ve diğerleri, 2020) çalışmalarında, klasik U-net yapısına dayalı olarak beyin tümörü segmentasyonu için genişletilmiş evrişimli (DCU-Net) yapıya sahip yeni bir U-net önermişlerdir. MR beyin tümörü görüntüleri, arka plan piksellerinin girişini azaltarak sınıf dengesizliği sorununu hafifletmek için önceden işlenmiş sonrasında, çok ölçekli uzamsal piramit havuzlaması, aşağı örnekleme yolunun sonundaki maksimum havuzlamanın yerini almak için kullanılmıştır. Görüntü çözünürlüğü korunurken özellik

alıcı alanını genişletebilir. Son olarak, ağın tümör ayrıntularını tanıma yeteneğini geliştirmek için eğitim ağlarındaki atlama bağlantılarını iyileştirmek için genişletilmiş bir evrişim kalıntı bloğu birleştirmişlerdir. (Colman ve diğerleri, 2020) çalışmalarında, beyin MR'larında lezyon segmentasyonu için 104 evrişimli katmana (DR-Unet104) sahip bir 2 boyutlu derin Artık U-net önermişlerdir. Yalnızca 2 boyutlu konvolüsyonlar kullanmalarına rağmen rekabetçi bir lezyon segmentasyon mimarisi üretmişlerdir ve bunun 3 boyutlu mimariden daha düşük güçlü bilgisayarlarda kullanılabilmesi gibi ek bir fayda sağlamışlardır.

(Qamar ve diğerleri, 2020) çalışmalarında, kalıntı başlangıç bloğundaki 3 boyutlu ağırlıklı evrişimli katmanların çarpanlara ayrılmasını istifleterek çok ölçekli bilgileri yakalayan hiper yoğun başlangıç 3 boyutlu U-net (HINet) önererek beyin tümörü segmentasyonunun performansını daha da artırmışlardır. Özelliklerin yeniden kullanılabilirliği yardımıyla daha fazla bağlamsal bilgi elde etmek için çarpanlara ayrılmış evrişimli katmanlar arasında aşırı yoğun bağlantılar kullanmışlardır. (Tan ve diğerleri, 2021) çalışmalarında, haritalanmış evrişimli kanalın uzamsal korelasyonunu ve görünüm korelasyonunu ayırt etmek için U-net'teki sıradan mimarinin yerini alacak derin ayrılabilir evrişimli katmanlar kullanmışlardır. Derin anormal bölgelerin yakalanmasını gerçekleştirmek için, özelliklerin yayılma kapasitesini artırmak ve ağın yakınsama hızını hızlandırmak için ACU-Net'e artık atlama bağlantısı eklemişlerdir. Aktif kontur modelini, görüntü gürültüsüne ve kenar kırılımlarına karşı kullanmak, tümör deformasyonunun takibini gerçekleştirmek ve ödem alanındaki kenar bulanıklığı sorununu çözmek, böylece tümör çekirdeğini ve gelişmiş nekrotik parankimal alanı tam olarak anormal alanda bölmek için kullanmışlardır. BRATS 2015 ve 2018 yıllarındaki 286 hastanın MR tarama verileri eğitim seti ve BraTS2019 veri seti de doğrulama için kullanmışlardır. (Awasthi ve diğerleri, 2021) çalışmalarında, U-net'e dayalı çok eşikli bir model geliştirmişlerdir. Önerilen model, paralel olarak eğitilirse daha az hesaplama karmaşıklığı, daha az bellek gereksinimi ve daha az eğitim süresi gibi avantajlar sunacaktır. (Lin ve diğerleri, 2021) çalışmalarında hem tüm beyin tümörünü hem de tümörlerin alt bölgelerini segmentlere ayırmak için derin denetimli yeni bir bağlam U-net geliştirmişlerdir. Bağlam modülü, beyin tümörleri hakkında daha fazla bilgi elde etmek için başlangıç benzeri bir yapıyla oluşturulmuştur. Kodlayıcı yolundaki derin denetim, ağın farklı seviyelerinde segmentasyon çıktılarının eklenmesiyle sağlanmıştır. (Ahmad ve diğerleri, 2021) çalışmalarında, Artık-Genişlemiş Yoğun Atlamalı-Uzaysal Piramit Havuzlama (RD2A) 3 boyutlu U-net önermişlerdir. Çok ölçekli bağlamsal bilgi, bebeğin beyin MR'ındaki beyaz madde ve gri madde dokuları arasındaki belirsizlikleri en aza indirmiştir. Önerilen yaklaşım beyin omurilik sıvısı, gri madde ve beyaz madde için sırasıyla 0.798, 0.779 ve 0.805 ortalama Dice skoruna ulaşmıştır.

4. Sonuç

Karmaşık beyin anatomisi, görüntü çözünürlüğü, standart yapıda olmayan MR görüntüleri gibi faktörler beyin görüntü analizini zorlaştırmaktadır. Ayrıca tıbbi veri miktarındaki kıtlık çok fazla veriyle beslenmesi gereken derin ağlar için sorun oluşturmaktadır. Literatürdeki son gelişmelere bakıldığında beyin analizi çalışmalarında derin öğrenme potansiyelinin arttığı görülmektedir. Derin öğrenme yöntemlerinden olan U-net daha az veriyle klasik makine öğrenme yöntemlerinden daha iyi performans göstermektedir. Basit ve genişletilebilir bir yapıda

olup yüksek kalitede bölütleme sonuçları sunmaktadır. Bu çalışmada, U-net yöntemine dayalı glioma tümörü segmentasyonu literatür taraması sunulmuştur. Her bir tümör segmentasyon sonucunun performansı, etiketlenmiş ve tahmin edilmiş bölge arasındaki çakışmayı gösteren Dice skoru ile belirtilmiştir. U-net varyasyonları ile yapılan bu segmentasyon hekimlere tanı, ameliyat ve tedavi öncesinde yardımcı olup onların işlerini kolaylaştırabilmesi bakımından önemlidir. Çeşitli görüntü işleme tekniklerini birleştirerek, derin öğrenme modellerini değiştirerek, hibrit mimariler kullanarak, ön işleme yaparak, parametre optimizasyonları ve veri kümesi boyutunu artırarak sonraki çalışmalarda daha yüksek Dice skorları elde edilebilir.

Kaynakça

- Aboelenein, N. M., Songhao, P., Koubaa, A., Noor, A. ve Afifi, A. (2020). HTTU-Net: Hybrid Two Track U-Net for automatic brain tumor segmentation. *IEEE Access*, 8, 101406–101415.
- Ahmad, P., Jin, H., Qamar, S., Zheng, R. ve Saeed, A. (2021). RD 2 A: densely connected residual networks using ASPP for brain tumor segmentation. *Multimedia Tools and Applications*, 1–26.
- Awasthi, N., Pardasani, R. ve Gupta, S. (2021). Multi-Threshold Attention U-Net (MTAU) based Model for Multimodal Brain Tumor Segmentation in MRI scans. *arXiv preprint arXiv:2101.12404*.
- Bakas, S., Akbari, H., Sotiras, A., Bilello, M., Rozycki, M., Kirby, J. S., ... Davatzikos, C. (2017). Advancing the cancer genome atlas glioma MRI collections with expert segmentation labels and radiomic features. *Scientific data*, 4(1), 1–13.
- Bakas, S., Reyes, M., Jakab, A., Bauer, S., Rempfler, M., Crimi, A., ... others. (2018). Identifying the best machine learning algorithms for brain tumor segmentation, progression assessment, and overall survival prediction in the BRATS challenge. *arXiv preprint arXiv:1811.02629*.
- Chen, S., Ding, C. ve Liu, M. (2019). Dual-force Convolutional Neural Networks for Accurate Brain Tumor Segmentation. *Pattern Recognition*, 88, 90–100.
- Chen, W., Liu, B., Peng, S., Sun, J. ve Qiao, X. (2018). S3D-UNet: Separable 3D U-Net for Brain Tumor Segmentation. *International MICCAI Brainlesion Workshop* içinde (ss. 358–368).
- Chihati, S. ve Gaceb, D. (2020). A Review of Recent Progress in Deep Learning-based Methods for MRI Brain Tumor Segmentation. *2020 11th International Conference on Information and Communication Systems, ICICS 2020* içinde (ss. 149–154). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Colman, J., Zhang, L., Duan, W. ve Ye, X. (2020). DR-Unet104 for Multimodal MRI brain tumor segmentation. *arXiv preprint arXiv:2011.02840*.
- Ghaffari, M., Sowmya, A. ve Oliver, R. (2019). Automated brain tumor segmentation using multimodal brain scans: a survey based on models submitted to the BraTS 2012–2018 challenges. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 13, 156–168.
- Havaei, M., Davy, A., Warde-Farley, D., Biard, A., Courville, A., Bengio, Y., ... Larochelle, H. (2017). Brain tumor segmentation with deep neural networks. *Medical image analysis*, 35, 18–31.
- Henry, T., Carre, A., Lerousseau, M., Estienne, T., Robert, C., Paragios, N. ve Deutsch, E. (2020). Brain tumor segmentation with self-ensembled, deeply-supervised 3D U-net neural networks: a BraTS 2020 challenge solution.
- Hu, Y. ve Xia, Y. (2017). 3D Deep Neural Network-based Brain Tumor Segmentation Using Multimodality Magnetic Resonance Sequences. *International MICCAI Brainlesion Workshop*, 423–434.
- Isensee, F., Kickingereder, P., Wick, W., Bendszus, M. ve Maier-Hein, K. H. (2018). No new-net. *International MICCAI Brainlesion Workshop* içinde (ss. 234–244).
- Kim, G. (2017). Brain Tumor Segmentation Using Deep Fully Convolutional Neural Networks. *International MICCAI Brainlesion Workshop* içinde (ss. 344–357). Springer, Cham.
- Kong, X., Sun, G., Wu, Q., Liu, J. ve Lin, F. (2018). Hybrid Pyramid U-net Model for Brain Tumor Segmentation. *International conference on intelligent information processing* içinde (ss. 346–355).
- Lin, M., Momin, S., Zhou, B., Tang, K., Lei, Y., Curran, W. J., ... Yang, X. (2021). Fully automated segmentation of brain tumor from multiparametric MRI using 3D context u-net with deep supervision. *Medical Imaging 2021: Computer-Aided Diagnosis* içinde (C. 11597, s. 115971D).
- Liu, H., Shen, X., Shang, F., Ge, F. ve Wang, F. (2019). CU-Net: Cascaded U-Net with Loss Weighted Sampling for Brain Tumor Segmentation. *Multimodal Brain Image Analysis and Mathematical Foundations of Computational Anatomy* içinde (ss. 102–111). Springer, Cham.
- Liu, L., Cheng, J., Quan, Q., Wu, F.-X., Wang, Y.-P. ve Wang, J. (2020). A survey on U-shaped networks in medical image segmentations. *Neurocomputing*, 409, 244–258.
- Louis, D. N., Perry, A., Reifenberger, G., Von Deimling, A., Figarella-Branger, D., Cavenee, W. K., ... Ellison, D. W. (2016). The 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Acta neuropathologica*, 131(6), 803–820.
- Mathews, C. ve Mohamed, A. (2020). Review of Automatic Segmentation of MRI Based Brain Tumour using U-Net Architecture. *2020 Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)* içinde (ss. 46–50).
- Menze, B. H., Jakab, A., Bauer, S., Kalpathy-Cramer, J., Farahani, K., Kirby, J., ... others. (2014). The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BRATS). *IEEE transactions on medical imaging*, 34(10), 1993–2024.
- Nadeem, M. W., Ghamdi, M. A. Al, Hussain, M., Khan, M. A., Khan, K. M., Almotiri, S. H. ve Butt, S. A. (2020). Brain tumor analysis empowered with deep learning: A review, taxonomy, and future challenges. *Brain sciences*, 10(2), 118.
- Qamar, S., Ahmad, P. ve Shen, L. (2020). HI-Net: Hyperdense Inception 3D UNet for Brain Tumor Segmentation. *arXiv preprint arXiv:2012.06760*.
- Rafi, A., Ali, J., Akram, T., Fiaz, K., Shahid, A. R., Raza, B. ve Madni, T. M. (2020). U-Net Based Glioblastoma Segmentation with Patient's Overall Survival Prediction. *International Symposium on Intelligent Computing Systems* içinde (ss. 22–32).
- Rajput, S. ve Raval, M. S. (2020). A Review on End-To-End Methods for Brain Tumor Segmentation and Overall Survival Prediction. *arXiv preprint arXiv:2006.01632*.
- Ronneberger, O., Fischer, P. ve Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* içinde (ss. 234–241).

- Shreyas, V. ve Pankajakshan, V. (2017). A Deep Learning Architecture for Brain Tumor Segmentation in MRI Images. *2017 IEEE 19th International Workshop on Multimedia Signal Processing(MMSP)* içinde (ss. 1–6). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Siddique, N., Sidike, P., Elkin, C. ve Devabhaktuni, V. (2020). U-Net and its variants for medical image segmentation: theory and applications. *arXiv preprint arXiv:2011.01118*.
- Tan, L., Ma, W., Xia, J. ve Sarker, S. (2021). Multimodal Magnetic Resonance Image Brain Tumor Segmentation Based on ACU-Net Network. *IEEE Access*, 9, 14608–14618.
- Tüzün, E., Hanağası, F., Sabancı, P. A., Demir, G. A. ve Yazıcı, J. (y.y.). NÖRO-ONKOLOJİ. 23 Mayıs 2021 tarihinde <http://www.itfnoroloji.org/onkoloji/onkoloji.htm> adresinden erişildi.
- Wang, F., Jiang, R., Zheng, L., Meng, C. ve Biswal, B. (2019). 3d u-net based brain tumor segmentation and survival days prediction. *International MICCAI Brainlesion Workshop* içinde (ss. 131–141).
- Yang, T., Zhou, Y., Li, L. ve Zhu, C. (2020). DCU-Net: Multi-scale U-Net for brain tumor segmentation. *Journal of X-Ray Science and Technology*, (Preprint), 1–18.
- Zhang, J., Lv, X., Zhang, H. ve Liu, B. (2020). AResU-Net: Attention Residual U-Net for Brain Tumor Segmentation. *Symmetry*, 12(5), 721.



A Minimum Spanning Tree based Clustering Algorithm for Cloud based Large Scale Sensor Networks

Zuleyha Akusta Dagdeviren

^{1*} Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-9365-326X), zuleyhaakusta@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960421)

ATIF/REFERENCE: Akusta Dagdeviren, Z. (2021). A Minimum Spanning Tree based Clustering Algorithm for Cloud based Large Scale Sensor Networks. *European Journal of Science and Technology*, (26), 415-420.

Abstract

Wireless sensor networks (WSNs) can be composed of huge numbers of nodes collecting data from the environment. WSNs are crucial communication layer technologies of Internet of Things. The obtained data by the WSNs can grow exponentially, hence utilizing big data analysis techniques and cloud computing technologies are of utmost importance. WSNs can be used in various applications such as habitat monitoring, military surveillance, smart agriculture, miner safety and healthcare applications. Sensor nodes are generally battery-powered, so conserving the residual energy of nodes is very important to prolong the lifetime of the applications. WSNs do not own a fixed infrastructure, hence messages of the applications transmitted in an ad hoc manner to the sink node. Since the transmission range of sensor nodes are limited, multi-hop communication is used. Clustering is a very important method for supporting multi-hop routing in WSNs. Data aggregation, time synchronization and load balancing are some of the well-known operations that benefit from clustering. Selecting efficient communication paths and distribution of nodes evenly to partitions in clustering operation lead to boost the network lifetime. In this paper, we propose a minimum spanning tree based clustering and backbone formation algorithm (MICUB) for WSNs. The proposed algorithm inputs node coordinates, transmission range, sensing area dimensions and partition numbers and outputs clustering and backbone information. MICUB algorithm first forms a minimum spanning tree backbone and divides the networking area into equal partitions where each partition is a cluster. In this manner, efficient links are selected for backbone formation and the clusters are constructed evenly. The intra-cluster links are constructed by again executing a minimum spanning tree algorithm inside the clusters. We measure the coefficient of variations of the proposed MICUB algorithm and its counterparts to obtain the clustering quality. These results show us that our proposed algorithm performs very well against node counts and degrees.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Clustering, Minimum Spanning Tree, Internet of Things, Cloud Computing, Big Data.

Bulut Tabanlı Büyük Ölçekli Sensör Ağları için En Küçük Kapsayan Ağaç Tabanlı Kümeleme Algoritması

Öz

Kablosuz sensör ağları (KSA'ları), ortamdan veri toplayan çok sayıda düğümden oluşabilir. KSA'lar, Nesnelerin İnterneti'nin önemli iletişim katmanı teknolojilerindedir. KSA'lar tarafından elde edilen veriler katlanarak büyüyebilir, bu sebepten büyük veri analiz teknikleri ve bulut bilişim teknolojilerini kullanmak son derece önemlidir. KSA'lar, habitat izleme, askeri gözetim, akıllı tarım, madenci güvenliği ve sağlık uygulamaları gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Sensör düğümleri genellikle pilden güç alır, bu nedenle düğümlerin var olan enerjisini korumak, uygulamaların ömrünü uzatmak için çok önemlidir. KSA'lar sabit bir altyapıya sahip değildir, bu nedenle uygulama mesajları tasarsız bir şekilde çıkış (sink) düğüme iletilir. Algılayıcı düğümlerin iletim aralığı sınırlı olduğu için çok zıplamalı (multi-hop) iletişim kullanılır. Kümeleme, KSA'larda çok zıplamalı yönlendirmeyi desteklemek için çok

* Sorumlu Yazar: zuleyhaakusta@gmail.com

önemli bir yöntemdir. Veri toplama, zaman senkronizasyonu ve yük dengeleme, kümelemeden yararlanılan iyi bilinen işlemlerden bazılarıdır. Kümeleme işleminde verimli iletişim yollarının seçilmesi ve düğümlerin bölümlere eşit olarak dağıtılması, ağ ömrünün artmasına neden olur. Bu makalede, KSA'lar için en küçük kapsayan ağaç tabanlı kümeleme ve omurga oluşturma algoritması (MICUB) öneriyoruz. Önerilen MICUB algoritması, düğüm koordinatlarını, iletim aralığını, algılama alanı boyutlarını ve bölüm numaralarını girer, kümeleme ve omurga bilgilerini çıkarır. MICUB algoritması ilk olarak en küçük kapsayan ağaç omurgasını oluşturur ve ağ alanını her bölümün bir küme olduğu eşit parçalara böler. Bu şekilde, omurga oluşumu için verimli bağlantılar seçilir ve kümeler dengeli bir şekilde oluşturulur. Küme içi bağlantılar, yine kümeler içinde bir en küçük kapsayan ağaç algoritması yürütülerek oluşturulur. Kümeleme kalitesini elde etmek için önerilen MICUB algoritmasının ve benzerlerinin varyasyon katsayısını ölçülmektedir. Bu sonuçlar, önerilen algoritmamızın düğüm sayılarına ve derecelerine karşı çok iyi performans gösterdiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler Kablosuz Sensör Ağlar, Kümeleme, En Küçük Kapsayan Ağaç, Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, Büyük Veri.

1. Introduction

Wireless sensor networks (WSNs) are large scale networks and crucial technologies for Internet of Things (IoT) in terms of gathering big data from the environment (Harb et al., 2017) (Kim et al., 2019). Thanks to evolving cloud computing and WSN technologies, huge amount of IoT data can be stored and processed to obtain business intelligence. In WSNs, generally, ordinary nodes are battery powered, so energy conservation is of paramount importance. Since WSNs do not own a communication infrastructure, the messages are transmitted in an ad hoc way. A sink node is associated for the data collector and gateway roles. Hence, the collected data from the ordinary nodes is relayed to the cloud through the sink node. Generally, the transmission range of ordinary sensor nodes are bounded, so engineering a multi-hop routing protocol is a mandatory method for relaying the sensed data to the sink node for most of the WSN setups.

Clustering is a fundamental method to provide multi-hop routing operation in WSNs. Clustering provides an infrastructure for data aggregation, load balancing, security operations, time synchronization, etc. (Wang et al., 2018) (Palaniswami et al., 2020) (Tripathi et al., 2021). By selecting efficient communication paths for data transmission, clustering aims to prolong the WSN lifetime. Besides, one important objective of clustering is to decrease the number of delivered messages needed by the upper layers (Liu et al., 2020) (Vaiyapuri et al., 2021). Moreover, considering hardware/software problems, environmental effects and security attacks, periodic clustering in WSNs provides fault tolerance. Nodes are categorized as cluster members and cluster heads in this method where cluster heads and cluster members can be considered as servers and clients, respectively.

Graphs are significant structures for modelling WSNs and spanning tree based clustering is a fundamental graph-theoretic technique in WSNs. An undirected graph can be represented with $G(V, E)$ where V and E are set of vertices (nodes) and edges (links), respectively. A graph $G_S(V_S, E_S)$ is a spanning subgraph of $G(V, E)$ if $V_S = V$. A spanning tree (ST) of a graph is an undirected connected acyclic spanning subgraph. Intuitively, a minimum spanning tree (MST) for a graph is a subgraph that has the minimum edge weight for maintaining connectivity [30]. In Fig. 1, various graph-theoretic structures are given where node ids (given as letters) are written near to each node, physical communication links are depicted with dashed lines and selected links are drawn with the solid lines. Weights of edges are given near to each edges. Green labeled nodes are ordinary sensor nodes and the red labeled nodes are the sinks. In Fig. 1.a, selected edges do not constitute a tree since a cycle exits between nodes B, C and D. The chosen edges in Fig 1.b form a

tree, but since nodes H and F are not included, the tree is not spanning. An example spanning tree is given in Fig 1.c whereas the total weight of selected links is not minimum. Finally, an

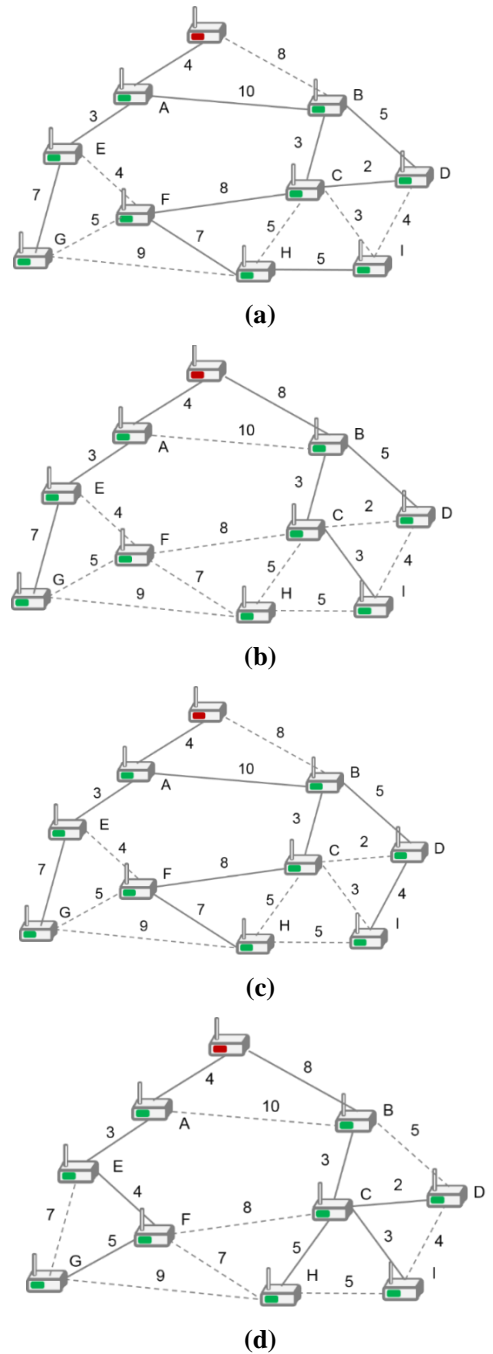


Figure 1. a) Non-Tree Example b) Non-Spanning Tree Example c) Non-Minimum Spanning Tree Example d) Minimum Spanning Tree Example

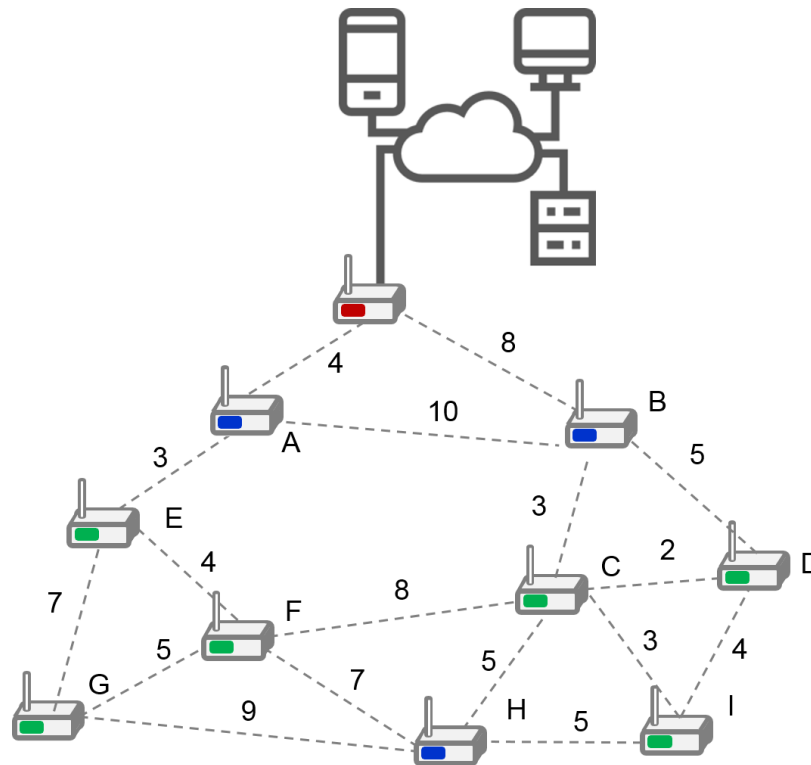


Figure 1. The Network Model

example minimum spanning tree structure is given in Fig. 1.d where the total weight of minimum spanning tree is 37. Various distributed algorithms are proposed to construct minimum spanning tree for computer networks (Gallagher et al., 1983), (Awerbuch, 1987), (Lien,1988), (Ahuja and Zhu, 1989), (Banerjee and Khuller, 2000), (Dai and Wu, 2004), (Dagdeviren and Erciyes, 2006), (Nanuvala, 2006). Although these distributed algorithms construct spanning tree backbone, they may lack balanced clusters.

In this paper, we propose a minimum spanning tree based clustering and backbone formation algorithm (MICUB) for large scale sensor networks. Our algorithm takes node coordinates, transmission range, partition numbers and sensing area dimensions as inputs and produce clustering and backbone information. The algorithm first constructs an MST for backbone formation, then divides the sensing area into equal partitions. Each partition corresponds a cluster, thus if the nodes are uniformly and randomly distributed then the expected sizes of the clusters are equal. The intra-cluster connections of the clusters are constructed again by executing an MST algorithm inside each cluster. We provide the simulations of the algorithms and show that the proposed algorithm outperforms its competitors.

2. Material and Method

2.1. Network Model

Fig. 2 displays our network model in general. As aforementioned, green labeled nodes are ordinary nodes, red labeled node is the sink node and the blue labeled nodes are the cluster head nodes. In our network model, sensor nodes know their positions either by using a GPS receiver or by executing a localization approach. Weights given in Fig. 2 are distances between nodes. These distances can be calculated from the

positions are adjacent nodes. If nodes are mobile, the positions of the nodes should be updated according to the mobility levels of nodes. The position data of the nodes is transferred to the cloud system through the sink node. Since WSNs can be very large scale, this position data is stored and processed by a big data analyzer residing in the cloud system. End users are connected to the cloud system to retrieve meaningful data.

2.2. Proposed Algorithm

We propose an algorithm for MST construction between cluster heads rooted at the sink, as well as formation of clusters with evenly distributed nodes. The steps of our MICUB algorithm is shown in Alg. 1. Firstly, a weighted graph is constructed from the positions of the nodes. Then an MST backbone of all nodes is constructed by calling a central MST algorithm, namely `MST_Alq`. Following that, the area is divided into $X \times Y$ grids, in which X and Y are predefined by the user. Each grid is a cluster, thus $X \times Y$ gives the total number of clusters. If the nodes are uniformly distributed across the sensing area, the number of expected nodes in each cluster is $N / (X \times Y)$ where N is the total number of nodes. After dividing into grids for cluster formation, nodes are connected through a MST for intra-cluster communication. The cluster head is the node with the maximum number of MST neighbors. We use Kruskal's algorithm (Kruskal, 1956) as `MST_Alq()` for construction of the MST.

Example clustering operations of MICUB are given in Fig. 2 and 3. Inter-cluster and intra-cluster MST links are same for both figures. There are 4 clusters where $X=2$ and $Y=2$ in Fig. 2. Nodes K , E and D are cluster heads of clusters 1, 3 and 4, respectively. Sink node is the cluster head of cluster 2. Clusters 1, 2 and 4 consist of 4 nodes whereas cluster 3 includes 5 nodes. The network in Fig. 3 is partitioned into 6 clusters, nodes K , C , G , E and L are the cluster head of the clusters 1, 2, 4, 5 and 6. The sink node is the cluster head of cluster 2 same with the previous figure. Each cluster has 3 nodes in this partitioning scheme.

Algorithm 1. MICUB Algorithm

- 1: input: coordinates of nodes, partition numbers (X, Y), transmission range and sensing area dimensions.
- 2: construct weighted graph $G_w=(V, E)$ from nodes' coordinates.
- 3: $T_w = \text{MST_Alg}(G_w)$
- 4: divide G_w into $X \times Y$ grids.
- 5: for each grid G_i do
- 6: call $T_i = \text{MST_Alg}(G_i)$
- 7: ch_i is the cluster head of T_i . The node with the greatest degree in T_i is the cluster head. If there are more than one candidate, choose the node with the maximum energy.
- 8: orient the nodes of T_i to ch_i .
- 9: end for
- 10: output: T_w is the backbone, T_i s are the intra-cluster trees.

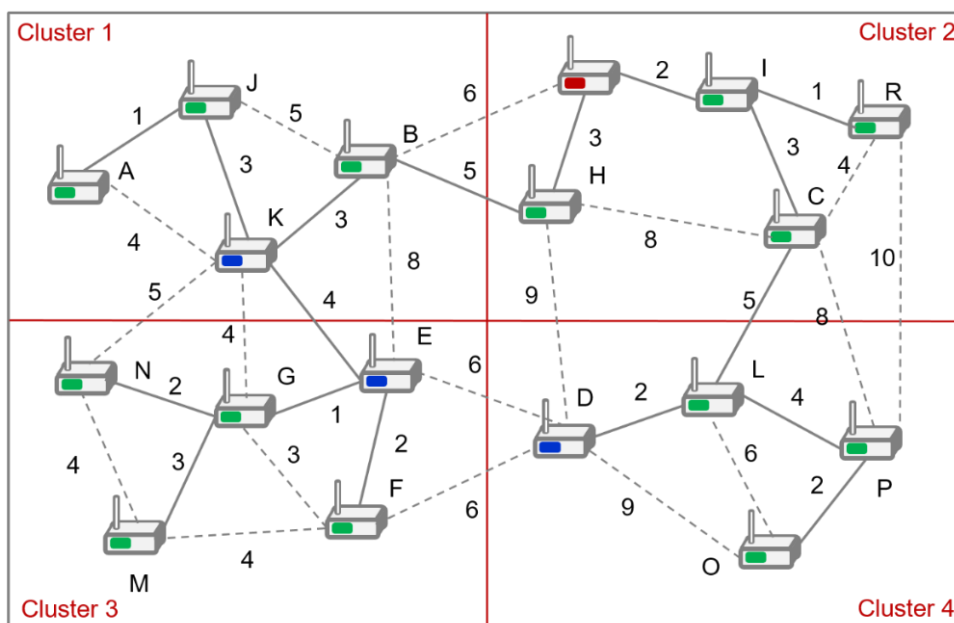


Figure 2. An Example WSN Clustered with MICUB (Cluster Count=4)

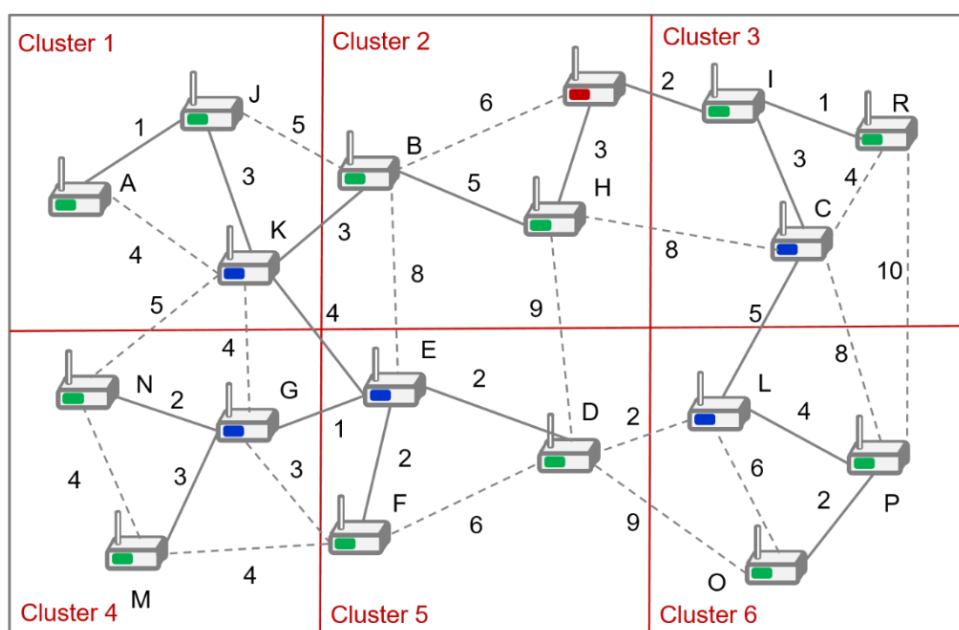


Figure 3. An Example WSN Clustered with MICUB (Cluster Count=6)

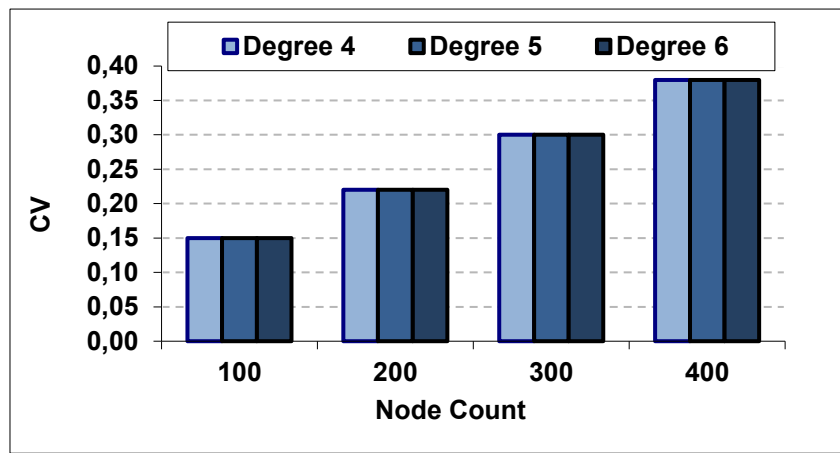


Figure 4. CV Values of MICUB against Node Count and Degree

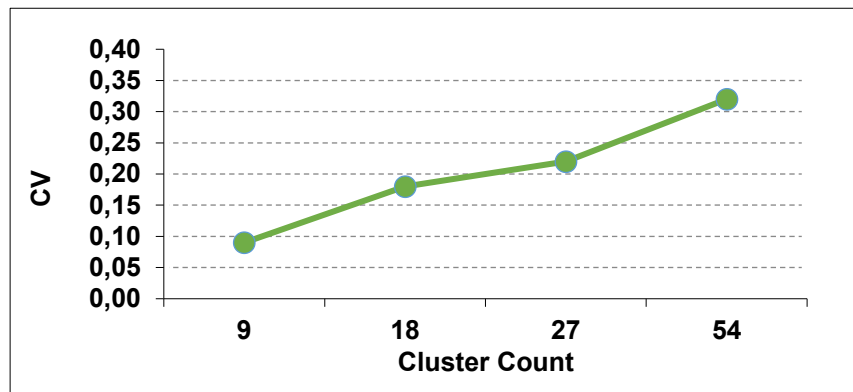


Figure 5. CV Values of MICUB against Cluster Count

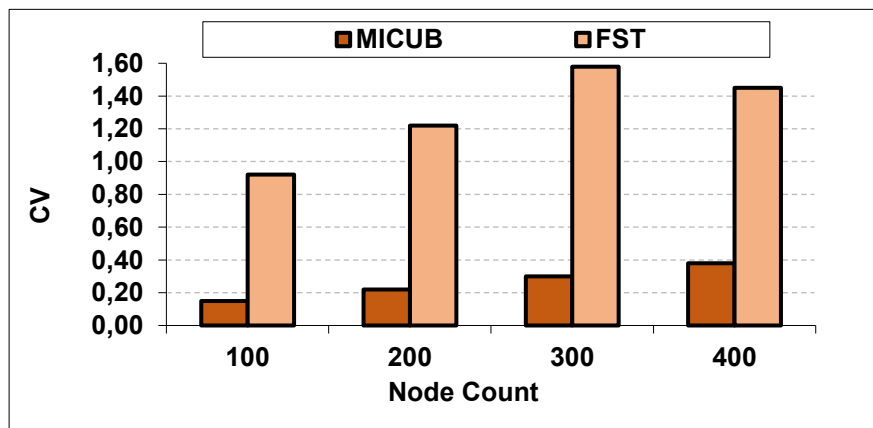


Figure 6. CV Values of MICUB and FST against Node Count

3. Results and Discussion

We simulate the proposed MICUB approach by varying node counts (from 100 to 400 nodes) and average degrees (from 4 to 6). We implement a flooding based distributed spanning tree algorithm (FST) to compare with the proposed algorithm. The sink node starts the FST algorithm by sending a probe message to its neighbors. When a node i receives a probe message in the first time, i sets its parent as the source of the probe message and it sends probe message to its neighbors. The cluster sizes of this algorithm can be adjusted by a *depth* parameter where *depth* is used to control the maximum cluster depth.

For ST algorithms, we use *coefficient of variation* (CV) to measure the clustering balance. The *coefficient of variation* is computed as *standard deviation* / *mean*. If $CV < 1$ then the distribution is considered low variance, else it is high variance. The clusters are more balanced for lower variance values. The balance of the clusters produced by MICUB is stable against the varying degrees as shown in Fig. 4. When the number of clusters of MICUB is increased, the CV values are increased as shown in Fig. 5. This means that MICUB divides the area more efficiently when the number of clusters is small. The comparison of the CV values of the clusters produced by MICUB and FST is shown in Fig. 6. MICUB produces more balanced clusters than FST and

CV values of MICUB increases with a smaller slope than FST as the number of nodes increases.

4. Conclusions and Recommendations

The size of the network and data collected by WSNs may rise exponentially. Thus, utilizing cloud computing and big data analysis techniques is of utmost importance to tackle with the emerging problems in IoT. Clustering and backbone formation are crucial operations to maintain an energy-efficient multi-hop communication structure for WSNs and to increase the efficiency of other services such as load balancing, time synchronization and load balancing. In this paper, we propose the MICUB algorithm that is based on minimum spanning tree construction, for WSNs.

The proposed algorithm MICUB inputs transmission range, node positions, sensing area dimensions and partition numbers and produce cluster and backbone information for the sensor nodes. The algorithm first constructs a minimum spanning tree backbone for inter-cluster communication. Then, the algorithm partitions the network into clusters, assigns a cluster head for each cluster and executes the minimum spanning tree algorithm to construct intra-cluster links. The coefficient of variation values of the proposed algorithm with its counterparts are measured to gain clustering quality. From the simulation results, we find out that MICUB outperforms its competitors against node counts and degrees.

References

- Ahuja, M. and Zhu, Y. (1989) A distributed algorithm for minimum weight spanning trees based on echo algorithms. *Proc. of the 9th Int. Conf. on Distributed Computing Systems*, 5-9 June, pp. 2-8.
- Awerbuch, B. (1987) Optimal distributed algorithms for minimum weight spanning tree, counting, leader election and related problems. *Proc. of the 19th Annual ACM Symp. on Theory of Computing*, New York, United States, pp. 230-240. ACM Press, New York.
- Banerjee, S. and Khuller, S. (2000) A clustering scheme for hierarchical routing in wireless networks. *Technical Report CS-TR-4103*. UMD, College Park.
- Chatterjee, M., Das, S. K., and Turgut, D. (2001) WCA: A weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks. *Journal of Cluster Computing (Special Issue on Mobile Ad hoc Networks)*, 5, 193-204.
- Dagdeviren, O. and Erciyes, K. (2006) A distributed backbone formation algorithm for mobile ad hoc networks. *Proc. of the 4th Int. Symp. on Parallel and Distributed Processing and Applications*, Sorrento, Italy, 4-6 December, pp. 219-230. Springer-Verlag, Berlin.
- Dai, F. and Wu, J. (2004) An extended localized algorithm for connected dominating set formation in ad hoc wireless networks. *IEEE Trans. on Parallel and Dist. Systems*, 15(10), 908-920.
- Gallagher, R. G., Humblet, P. A., and Spira, P. M. (1983) A distributed algorithm for minimum-weight spanning trees. *ACM Trans. on Prog. Languages and Systems*, pp. 6677. ACM Press, New York.
- Harb, H., Makhoul, A., Idrees, A., Zahwe and O. and Taam, M. (2017) Wireless Sensor Networks: A Big Data Source in Internet of Things. *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control*.
- Kim, B.-S, Kim, K.-I., Shah, B., Chow, F. and Kim, K. H. (2019) Wireless Sensor Networks for Big Data Systems, *Sensors* 19, no. 7, 1565.
- Kruskal, J. B. (1956) On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem. *Proc. of the American Mathematical Society*, 7(1), 48-50.
- Lien, Y. N. (1988) A new node-join-tree distributed algorithm for minimum weight spanning trees. *Proc. of the 8th Int. Conf. on Distributed Computing System*, pp. 334-340. IEEE.
- Liu, X., Zhu, R., Anjum, A., Wang, J., Zhang, H. and Ma, M. (2020) Intelligent data fusion algorithm based on hybrid delay-aware adaptive clustering in wireless sensor networks, *Future Generation Computer Systems*, vol.104, pp. 1-14.
- Nanuvala, N. (2006) An enhanced algorithm to find dominating set nodes in ad hoc wireless networks. *MSc. Thesis*, Georgia State University.
- Palaniswami, M., Rao, A. S., Kumar, D., Rathore, P. and Rajasegarar, S., (2020) The Role of Visual Assessment of Clusters for Big Data Analysis: From Real-World Internet of Things, *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, vol. 6, no. 4, pp. 45-53.
- Tripathi, A. K., Sharma, K., Bala, M., Kumar, A., Menon, V. G. and Bashir, A. K. (2021) A Parallel Military-Dog-Based Algorithm for Clustering Big Data in Cognitive Industrial Internet of Things, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 2134-2142.
- Wang, Q., Guo, S., Hu, J. and Yang, Y., (2018) Spectral partitioning and fuzzy C-means based clustering algorithm for big data wireless sensor networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 54.
- Vaiyapuri, T., Parvathy, V.S., Manikandan, Krishnaraj, V. N., Gupta, D. and Shankar, K. (2021) A Novel Hybrid Optimization for Cluster-Based Routing Protocol in Information-Centric Wireless Sensor Networks for IoT Based Mobile Edge Computing. *Wireless Personal Communications*, <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08088-w>.



Bluetooth Controlled Hexapod Robot Design

Koray Kavlak^{1*}, İbrahim Ali Kartal²

^{1*} Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9272-6754), kkavlak@ktun.edu.tr

² Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4901-5663), ibrahimalikartal@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960612)

ATIF/REFERENCE: Kavlak, K. & Kartal, İ. A. (2021). Bluetooth Controlled Hexapod Robot Design. *European Journal of Science and Technology*, (26), 421-424.

Abstract

Multi legged robots are used in space studies, first aid, search and rescue activities in natural disasters, defense industry, detection and destruction of dangerous and explosive materials, mining, nuclear power stations and many other fields. A hexapod robot, which is in the classification of multi-legged robots, is defined as a robot with six legs to walk or move. There are so many possibilities for leg placement, leg designs and gait patterns in hexapod robots. It is preferred because it has the ability to move stable and flexible on any surface. In this paper, the hexapod robot was designed and manufactured with bluetooth control, and the strength analyzes of the body and leg linkage were carried out in the Ansys program.

Keywords: Bluetooth control, hexapod robot, strength analysis, servo motor.

Bluetooth Kontrollü Hexapod Robot Tasarımı

Öz

Çok ayaklı robotlar uzay çalışmalarında, doğal afetlerde ilk yardım ile arama ve kurtarma faaliyetlerinde, savunma sanayisinde, tehlikeli ve patlayıcı maddelerin tespit ve imhasında, madencilikte, nükleer santrallerde ve daha birçok alanda kullanılmaktadırlar. Çok ayaklı robotlar sınıflandırmasında yer alan hexapod robot, yürümek veya hareket etmek için altı ayağı olan bir robot olarak tanımlanır. Hexapod robotlarda ayakların yerleşimi, ayak tasarımları ve yürüyüş biçimleri için çok fazla olasılık bulunmaktadır. Herhangi bir yüzeyde dengeli, kararlı ve esnek hareket etme yeteneğine sahip olduğu için tercih edilir. Bu çalışmada hexapod robotun bluetooth kontrollü olarak tasarımı ve imalatı yapılmış, gövde ve ayak uzvunun mukavemet analizleri Ansys programında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bluetooth control, hexapod robot, mukavemet analizi, servo motor.

* Corresponding Author: kkavlak@ktun.edu.tr

1. Introduction

Multi legged robots are used in space studies, first aid in natural disasters, search and rescue activities, defense industry, detection and destruction of hazardous and explosive materials, mining, nuclear power plants and many other fields. Multi-legged robots are named according to the number of legs. Two legged (biped), four legged (quadruped), six legged (hexapod), etc. The most important advantages of six-legged robots compared to others are their very high load carrying capacity and high stability and stable walking structure. There are many studies and publications on multi legged robots in the literature [1-9]. These studies increasingly continue on the robot's mechanism, motion planning, control methods, kinematic and dynamic analysis.

2. Hexapod Robot

Hexapod robot, which is included in the multi-legged robots classification, is defined as a robot that has six legs to walk or move. There are many possibilities for the placement of legs, leg designs and gait patterns in hexapod robots. The legs can be designed as three pieces symmetrically on each side of the body. In addition, the mobility of each leg can be increased by making a more complex design in the form of a circle. Much more designs can be created if animal inspiration is taken for rectangular designs. In these designs, there is faster movement in the forward direction and slow motion in the turns. Six legged robots have more gait variation than four legged robots. This is because three leg just touch the ground to keep the robot balanced. Since the number of leg in the six legged robot is higher than the four legged robot, the combination is greater for the number of leg in contact. The robot manufactured in this paper has a total of 18 degrees of freedom, with each leg having 3 degrees of freedom. This means being able to move 18 different joints in different positions. Legs are positioned symmetrically on both sides. Servo motors provide movement of joints. Servo motors that connect the legs to the body allow it to rotate sideways. The other two servo motors provide movement of the joints. Average walking speed of a person is 5 km / h. The hexapod robot was built to take 2.7 cm long steps in 1 second, taking into account the average human walking speed. The hexapod robot modeled in the Solidworks program is shown in Figure 1.



Figure 1. General view of the hexapod robot

2.1. Hexapod Robot Walking Types

Many different walking types have been developed for robots with six or more legs. Some of these methods are metachronal walking and tripod walking. The basic movement logic of tripod walking is that it goes in a zigzag pattern. In metachronal walking, it is a more determined step by providing slow movement. It is used for moving on rough terrain.

2.1.1. Metachronal Walk Mode

In this walking mode, the robot moves one leg at a time. It starts by lifting the moving leg first and slowly lowers it down until the leg touches the ground. Then the movement of the other legs begins. The sequence of movements is very slow in this walking mode. Gives a stable progression ability for the robot. Hexapod robot leg positions are given in Figure 2. Respectively, the R3-R2-R1-L1-L2-L3 legs move forward (Figure 3). The body is behind. The movement is provided by the legs pulling the body forward by stepping on the ground to move the body forward [10].

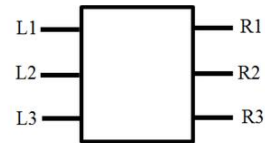


Figure 2. Hexapod robot leg positions

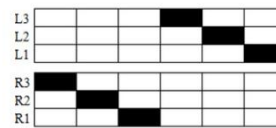


Figure 3. Leg movement sequence in metachronal walking mode

2.1.2. Tripod Walk Mode

In this walking mode, three legs hold the robot down on the ground. At the same time, the other three legs rise and take the specified step for walking speed. In order for the robot to progress, it must repeat a certain walking algorithm. First of all, the L1-R2-L3 legs, which are named as the 1st group, move forward respectively. Later, the R1-L2-R3 legs, named as the 2nd group, move backwards respectively. Then, the 1st group legs turn backwards, the 2nd group legs forward, and the movement is achieved (Figure 4) [11].

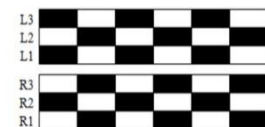


Figure 4. Leg movement sequence in tripod walking mode

2.2. Parts Used in Hexapod Robot Manufacturing

Arduino is a physical programming platform that consists of an Input/Output board and an implementation of the processing/wiring language in the development environment. The

hardware of Arduino boards includes an Atmel AVR microcontroller (such as ATmega328, ATmega2560, ATmega32u4), programming and side elements required for connection to other circuits. Each Arduino board has at least one volt regulated IC and a 16MHz crystal oscillator (sometimes ceramic resonator). An external programmer is not needed for programming on Arduino boards, because a bootloader program is pre-written on the microcontroller on the board. The Arduino Mega2560 used in the hexapod robot is an Arduino board containing an Atmega2560 microcontroller. The Arduino Mega2560 can be connected to a computer, powered by an adapter or battery. It is the name of the short range radio frequency (RF) technology that eliminates the Bluetooth cable connection. Hc-05 bluetooth module is used in hexapod robot.

Nylon or polyamide is used as ABS material. It takes the form of filament by tightening the powders. It is a reliable material for three-dimensional printing. It is flexible and durable. Although its natural color is white, it can be colored before or after printing. ABS material can be damaged if exposed to intense sunlight. For this reason, it is a good solution to paint the part in products that will be under intense sunlight.

Servo is an automatic device that detects the operation of any mechanism and controls it with the help of a side feedback mechanism and removes the error. Servomotor is the most used motor type in robot technology. These systems can be used mechanically as well as electronically and hydraulic-pneumatically. Servo motors are a mechanism in which parameters such as output, mechanical position, speed or acceleration are controlled. Servo motor has AC, DC or stepper motor.

It also includes the driver and control circuit. Small R/C servo mechanism parts are shown in Figure 5: 1. Electric motor, 2. Voltmeter, 3. Impeller, 4. Actuator arm. Micro Servo Motor 9G (Figure 6) used in the hexapod robot is small and light as well as high output power. It can rotate approximately 180° (90° in each direction) and takes up less space than its standards. Hexapod robot leg and micro servo motor connection are given in Figure 7.

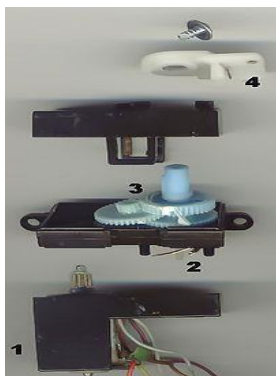


Figure 5. Small R/C servo mechanism parts

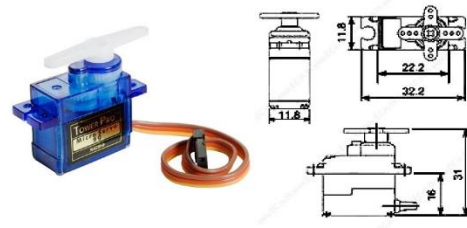


Figure 6. Micro servo motor 9G

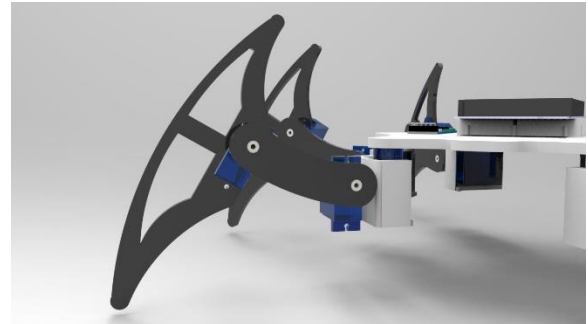


Figure 7. Hexapod robot leg and micro servo motor connection

3. Strength Analysis

The weight of the body and other electronic equipment must be light in order for the hexapod robot to perform its movement. Mechanical parts are made of ABS to reduce weight. It is assumed that the robot has a total weight of 0.5 kg. In order to perform the analysis in the Ansys program, six motor holes in the body were fixed and a 5 N force was applied to the body surface area. The stress and deformation values of the robot's body and legs were analyzed and found. Accordingly, it is seen in Figure 8 that maximum stress occurs around the pin holes where the body and the leg meet. According to Figure 9, maximum deformation occurred around the center of the body. It is seen that the deformation decreases and is minimum as it moves away from the center. In Figure 10, it is seen that the maximum stress occurs around the pin holes where the leg link is connected. In Figure 11, the maximum deformation occurred at the tip of the leg link. It is seen that the deformation decreases and is minimum as it approaches the center.

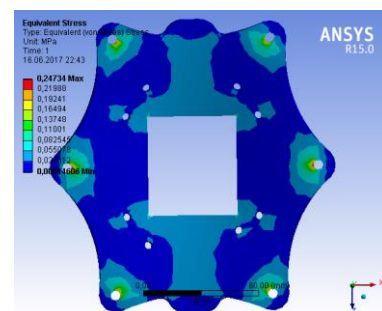


Figure 8. Von-Mises stress of the body

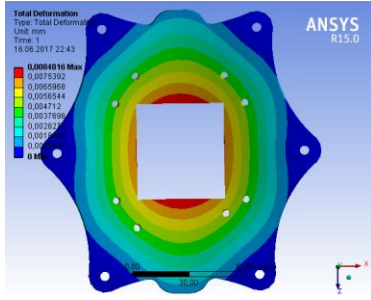


Figure 9. Total deformation of the body

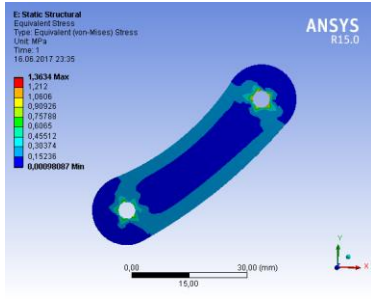


Figure 10. Von-Mises stress of the leg link

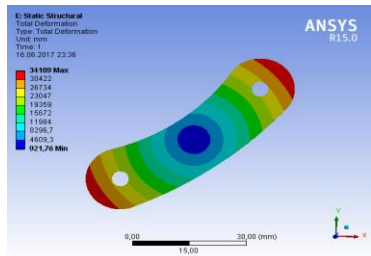


Figure 11. Total deformation of the leg link

4. Conclusion

The most important advantage of hexapod robots compared to two and four legged robots is that they move steadily. ABS material was chosen in robot manufacturing because of its light weight and strength. Two different walking modes, metachronal and tripod, were applied to the robot. After the legs moved forward in metachronal walking mode, the robot's movement was achieved by keeping the legs on the ground. However, it has been observed that the robot does not work as desired, and the body wobbles itself forward. For this reason, tripod walking mode is used for more efficient operation. As a result of the strength analysis, it was observed that the maximum stresses occurred around the center of the unloaded body and the pin holes where the leg part was connected.

References

[1] C. A. Klein, K. W. Olson and D. R. Pugh, "Use of force and attitude sensors for locomotion of a legged vehicle over irregular terrain", In International Journal of Robotics Research 2 (2) , pp. 3-17,1983.
 [2] T. MamKegh, A. Hindash and M. Al – Jabari, Hexapod robot design, model and control, German Jordanian University, Germany, 2011.

[3] M. S. Erden, Six – legged Walking Machine: The Robot – EA308, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2006.
 [4] D. Chávez-Clemente, Gait Optimization for Multi-legged Walking Robots, with Application to a Lunar Hexapod. Ph.D. Thesis, Stanford University, California, CA, USA, 2011.
 [5] T. Bartholet and R. Crawson, Robot Applications for Nuclear Power Plant Maintenance; EPRI Report-NP-3941, Research Report Center: Palo Alto, CA, USA, 1985.
 [6] M. Oku, H. Yang, G. Paio, Y. Harada, K. Adachi, R. Barai and K. Nonami, "Development of hydraulically actuated hexapod robot COMET-IV-The 1st report: System design and configuration", In Proceedings of the 2007 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Akita, Japan, 26–28 May 2007.
 [7] M. Raibert, Legged Robots that Balance; MIT Press: Cambridge, London, pp. 180–201, 1986.
 [8] J. Byrd and K. de Vries, "A six-legged telerobot for nuclear applications development", Int. J. Robot. Res., 9, 43–52. 1990.
 [9] F. Delcomyn and M. E. Nelson, Architectures for a biomimetic hexapod robot. Robot. Auton. Syst., 30, 5–15, 2000.
 [10] G. Carbone and M. Ceccarelli, Legged robotic systems. In Cutting Edge Robotics, V. Kordic, A. Lazineca, M. Merdan, Eds., InTech: Vienna, Austria, pp. 553–576, 2005.
 [11] K. K. Moncal ve Ö. C. Aydın, "Örümcek Robot Sistem Tasarımı ve Gerçekleşmesi", 15. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı-TOK2013, İnönü Üniversitesi, 1344-1349, 26-28 Eylül 2013.



A Cloud-based Asset Tracking System for Hospitals Using Ultra-wideband Localization

Noushin Karimpour¹, Zuleyha Akusta Dagdeviren^{2*}, Vahid Khalilpour Akram³ and Orhan Dagdeviren⁴

¹ Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0002-6446-4256), noushin.karimpour@gmail.com

^{2*} Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-9365-326X), zuleyhaakusta@gmail.com

³ Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0002-4082-6419), vahid.akram@ege.edu.tr

⁴ Ege University, International Computer Institute, Izmir, Turkey (ORCID: 0000-0001-8789-5086), orhan.dagdeviren@ege.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960454)

ATIF/REFERENCE: Karimpour N. & Akusta Dagdeviren, Z. & Khalilpour Akram, V. & Dagdeviren O. (2021). A Cloud-based Asset Tracking System for Hospitals Using Ultra-wideband Localization. *European Journal of Science and Technology*, (26), 425-430.

Abstract

Nosocomial infections are fatal diseases caused by microorganisms in the hospital environment. It has mortality rates of up to 70% in intensive care units. The most important way to fight this infection is to pay attention to the hygiene of the assets in the hospital. Within the scope of this paper, an IoT-based real-time advanced asset tracking system has been implemented. This system consists of three main components: Hand Hygiene Surveillance System, Device Tracking System, and Infection Control System. Providing hand hygiene in hospitals is critical for the prevention of infections. The proposed Hygiene Surveillance System provides hand hygiene control in intensive care units and neonatal services, which are the areas with the highest risk of infections. Received signals from ultrawide-band (UWB) modules are processed by a designed positioning algorithm. While competitors are insufficient in many scenarios because of the 1-2 m precision positioning, the proposed system provides a solution in these scenarios with 20-25 cm precision. Antibiotic-resistant nosocomial infection is difficult to treat, contagious, and fatal. These patients are kept in quarantine. During the transportation of these patients, end-to-end hygiene control is required. By using the developed Infection Control System, these patients will be followed end-to-end in real-time. Our system consists 3 main layers. In the first layer, the distributed IoT devices in the environment collect the broadcasted UWB and Bluetooth Low Energy (BLE) signals from the mobile nodes. The strength of the received signals is sent to the second layer which is responsible for calculating the location of mobile nodes based on the received signals from different anchor nodes. The detected locations are sent to the third layer which provide the real time tracking system for the web and mobile applications. In this layer different technologies such as JSON, Ajax, Server Sent Events, WebSockets, and RestFul technologies are used to deliver the real time location data to the users.

Keywords: Internet of things, Cloud computing, Asset tracking, Ultra-wideband, Localization, Medical systems, Hygiene Monitoring.

Hastaneler için Ultra-genişbant Konumlandırma Kullanan Bulut Tabanlı Varlık Takip Sistemi

Öz

Hastane enfeksiyonları, hastane ortamında mikroorganizmaların neden olduğu ölümcül hastalıklardır. Bu enfeksiyonlar, yoğun bakım ünitelerinde %70'e varan ölüm oranlarına sahiptir. Bu enfeksiyonla savaşmanın en önemli yolu hastanedeki cihazların ve eşyaların hijyenine dikkat etmektir. Bu bildiri kapsamında, IoT tabanlı gerçek zamanlı gelişmiş bir varlık takip sistemi hayata geçirilmiştir. Önerilen bu sistem üç ana bileşenden oluşmaktadır: El Hijyeni Gözetim Sistemi, Cihaz Takip Sistemi ve Enfeksiyon Kontrol Sistemi. Hastanelerde el hijyeninin sağlanması enfeksiyonların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Önerilen Hijyen Gözetim Sistemi sayesinde enfeksiyon riskinin en yüksek olduğu alanlar olan yoğun bakım üniteleri ve yenidoğan servislerinde el hijyeni kontrolü

* Sorumlu Yazar: zuleyhaakusta@gmail.com

sağlanmaktadır. Ultra geniş bant (UWB) modüllerinden alınan sinyaller, bir konumlandırma algoritması tarafından işlenir ve konum bilgileri üretilir. 1-2 m hassasiyetli konumlandırma nedeniyle birçok senaryoda benzer çalışmalar yetersiz kalırken, UWB teknolojisi sayesinde önerilen sistem bu senaryolarda 20-25 cm hassasiyetle çözüm sunmaktadır. Antibiyotige dirençli hastane enfeksiyonunun tedavisi oldukça zordur, bulaşıcıdır ve ölümcüldür. Bu hastalığa yakalananlar mecburi olarak karantinada tutulmaktadır. Bu hastaların nakli sırasında uçtan uca hijyen kontrolü yapılması gerekmektedir. Geliştirilen Enfeksiyon Kontrol Sistemi kullanılarak system tarafından bu hastalar gerçek zamanlı olarak uçtan uca takip edilecektir. Sistemimiz 3 ana katmandan oluşmaktadır. İlk katmanda, ortamdaki dağıtılmış IoT cihazları, mobil düğümlerden yayınlanan UWB ve Bluetooth Düşük Enerji (BLE) sinyallerini toplar. Alınan sinyallerin gücü, çeşitli kök düğümlerinden alınan sinyallere dayalı olarak mobil düğümlerin konumunun hesaplanmasından sorumlu olan ikinci katmana gönderilir. Tespit edilen lokasyonlar, web ve mobil uygulamalar için gerçek zamanlı takip sistemi sağlayan üçüncü katmana gönderilir. Bu katmanda gerçek zamanlı konum verilerini kullanıcılara ulaştırmak için JSON, Ajax, WebSockets, MongoDB ve RestFul gibi farklı teknolojiler kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, Varlık Takibi, Ultra-genişbant, Konumlandırma, Medikal Sistemler, Hijyen Takibi.

1. Introduction

The Internet of Things, which is considered as one of the most promising technologies, has started to be widely used in various fields in the world going through the age of digital transformation (Atrozi et al., 2010), (Tan et al., 2014), (Xu et al., 2014), (Whitmore et al., 2015), (Islam et al., 2015), (Tripathi et al., 2021). The latest developments in new generation wireless communication modules, sensors, memory, and processors have revealed small and powerful hardware that can run programs, can detect events or values, communicate over radio devices and perform local operations. On the other hand, the spread of the Internet and the exponential increase in the variety of small hardware have led to the development of devices that communicate over the Internet and form the Internet of Things (IoT). Like the Internet, IoT has started to become a part of daily life, and people have started to take advantage of IoT technology in transportation (Melis et al., 2016), manufacturing (Mourtis et al., 2016), entertainment (Belka et al., 2019), household chores (He et al., 2019), sports (Wang et al., 2018), and health services (Karimpour et al., 2019). Using such a universal IoT platform, devices can improve the quality of people's daily life by taking on important tasks in industry, agriculture, healthcare, transportation, security, and even homes. An IoT ecosystem consists of web-based smart devices that use embedded processors, sensors, and communications hardware to collect, send, or process the data they receive from their environment. IoT devices share the collected sensor data by connecting to an IoT gateway or other devices where the data is sent to the cloud for processing. These devices may communicate with other related devices and process the received information from each other. Devices do most of the work without the need for human intervention, but people can interact with the devices. The connectivity, networking, and communication protocols used with these web-based devices are highly dependent on the deployed IoT applications.

In recent years, the development of IoT-based tracking systems is the subject of various researches. In various fields, especially in logistics, cargo, industry, health care, and agriculture, asset tracking systems can significantly increase the quality of provided services or produced products. In general, asset tracking and localization systems (Doherty et al., 2001) (Nagpal et al., 2003) (Shang et al., 2003) (Patwari et al., 2005) (Xiao and Ouksel, 2006) (Alhmeidat and Yang, 2007) consist of various devices and software running on these devices. Monitoring of valuable assets against various events such as loss, theft, damage, or tracking instant location information of personnel or patients is critical task in hospitals. For example,

reporting the locations visited by healthcare personnel during working hours, the time spent in these locations, and the paths they travel in a hospital environment can be a metric to measure staff productivity. Another important problem in the hospital environment is finding the device sought by the staff. In particular, it is vital to search for critical devices such as EKGs and defibrillators. In addition to the effort and lost time to find these devices, new devices are purchased due to the inefficient use of the devices. Problems such as the locations where the devices are moved during working hours, the time spent in these locations, and the distance between the sought device and the personnel will be solved by path creation services.

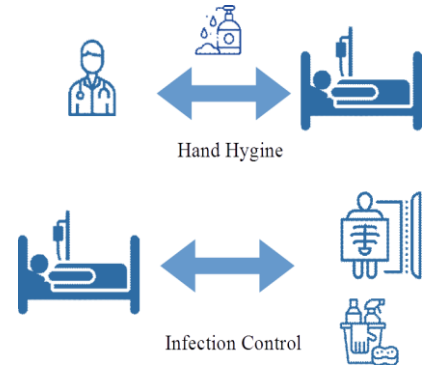


Figure 1. Asset tracking in hospital may reduce the risk of infections.

Compliance monitoring and surveillance is another quite important issue in hospitals because hospital infections have many consequences. Surveillance and measurement of hand hygiene compliance is carried out by employing human observers, and this is considered as a standard. But this process has its difficulties such as human error, loss of observer concentration, or professional deformation. Researchers have used different techniques to deal with these situations such consumption calculation for sanitizing materials or tagging health care workers with electronic devices to follow their locations. Generally tracking the staffs, patients and devices in a hospital can considerably reduce the infections because staff can be notified if they potentially carry a risk of infection (Figure 1). Different companies around the world offer various methods for asset tracking and tracing. For example, the systems offered by AIRcable Gateway, Aruba BLE Tags, BeWhere Asset Tracking, Fathom Asset Tracking, and Kontakt IO companies find the estimated location of assets in homes, offices, and small-scale buildings using BLE. Generally, most of these systems are offered as a product of IoT or telecommunications companies, therefore, the presented systems do not have a special infrastructure. These systems use various algorithms and software techniques to determine the location of target assets.

The most common methods used in different systems are trilateration, proximity, fingerprinting, Angle of Arrival (AoA), Time of Arrival (ToA), and Time Difference of Arrival (TDoA). In the trilateration method, a node whose position is not known should receive the position information and the distances between from at least 3 anchor nodes that know their positions. All calculations made in this method are based on the measured distance between nodes. Therefore, the slightest error in distance measurements will cause a completely inaccurate position estimation. The accuracy of the results obtained from the trilateration method is often limited, as it is a difficult task to estimate the precise and accurate distance over the signals. The proximity method is a simple method for localization (Khudhair et al., 2016). It analyzes the location of an object with a known position or an area. The proximity method must adjust the number of IoT nodes at known locations. When a tracked target is detected, the target's location is assumed in the proximity range marked by the IoT device. The basic idea of the fingerprinting method is to create a map of Received Signal Strength Indicator (RSSI) values for all possible locations of the target environment (Pei et al., 2017). To create such a map, the target area should be divided into equal cells and the RSSI value of the available signals should be recorded for each cell. After creating the signal map, the input of the positioning system is the RSSI value received by a mobile node that does not know its location, and the output of the system is the location information of a record that matches the value given as input in the database. The AoA method uses a set of special antennas to estimate the angle of received signals (Peng and Sichitiu, 2006). The receiving node determines the position of the signal source after calculating the angle of the surrounding signals with a set of antennas that can calculate the angle of the received signal. Then, the position of the node is calculated using the output and arrival time difference of the signal and the distance between the antennas. The ToA or ToF method uses the propagation time of the signal to estimate the distance between the receiver and the sender (Aditya et al., 2018). Considering the relationship $d = v \times t$ between distance (d), velocity (v) and time (t), if the receiver calculates the propagation time of the signal, it can find the distance to the sender because the propagation speed of the signal is always equal to the speed of light. TDoA is a method that uses the time difference of the sent and received signals instead of the transmission time (McClelland et al., 2017). In the TDoA method, the sender does not add any timestamps to the message and only the receiving time is recorded by the receivers. This method requires at least two receivers. After receiving the signal from both receiving nodes, the difference in arrival time at both nodes is calculated. Afterward, the distance difference between the sender and receivers is calculated from the equation $\Delta d = v \times \Delta t$.

In this paper, we propose a hygiene surveillance, device tracking, and infection control system. BLE is the most common technology that is used in the most well-known products in the world. Since BLE has 1-2 m sensitivity, it is not technically possible to operate with the desired sensitivity in many scenarios. For example, an antiseptic location may not be stable and could be in various positions in the room, or even placed on the foot or bedside of the patient's bed. In this case, precise positioning is critical to detect the clean and dirty materials or persons. To solve this problem, Ultra-Wide Band (UWB) technology can be used in the hand hygiene surveillance systems. In this way, a much more sensitive and innovative hygiene monitoring system can be designed that can work

especially in intensive care units. Current device tracking systems use BLE and WiFi technologies. These technologies have various problems in many scenarios. For example, it is a natural situation that the devices are closer than 1 m to each other, which is frequently encountered in hospitals. There are mobile devices such as ultrasound, defibrillator, and EKG in the hospital which finding their real time location is one of the important problems in hospitals. Staff usually take effort to search for these devices and usually finding these devices is critical for patients. Using an unhygienic device is very risky in terms of infection. An effective and innovative device tracking system may track the both location and device hygiene information. Controlling patients with nosocomial infections is a very important problem in order to avoid transmit the disease to both healthcare workers and other patients. Especially when the patient is transported from his/her room to a clinic, the clinical staff should make preliminary preparations, monitor and clean the path through which the patient passes in real-time, and clean the clinics after clinic visits. Our proposed system is aimed to achieve this mentioned issue. The remaining parts of this paper have been organized as follow; Section 2 provides the general architecture and the details of the proposed system. Section 3 discuss about the results and provides a comparison between the available commercial systems. Finally, Section 4 draws the conclusion and discuss about the future works.

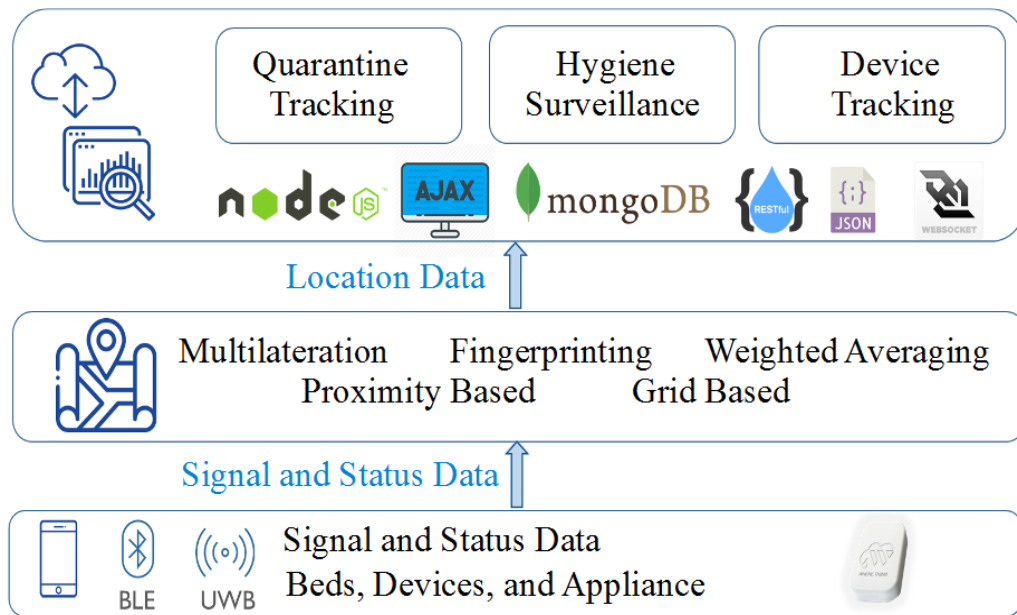
2. Material and Method

The proposed system for asset tracking and hand hygiene in hospitals consist of 3 main layers which are the signal collection layer, the positioning layer, and the analysis and reporting layer.

2.1. Signal Collection Layer

The proposed system uses UWB (Ultra Wideband) and BLE (Bluetooth Low Energy) technologies to find the position of assets. UWB is a short-range and high-speed wireless communication technology with a bandwidth of 7.5 GHz (3.1 GHz to 10.6 GHz). UWB devices operate using a very wide transmission band and a very short electrical pulse (in the order of nanoseconds or picoseconds). In UWB technology, the minimum distance between the sender and receiver can be measured more easily and more precisely. The UWB-based systems, find the distance between the target assets using the Time of Arrival method. Beside the UWB technology, the proposed system can benefit from BLE to estimate the location mobile assets. BLE consumes less energy because the frequency of BLE signals is low. Using the BLE signal, the formula $RSSI = A - 10.n.log(d)$ can be used to find the distance between a target asset and the BLE anchor device. In this formula, n is the power loss ratio of the signal (between 1 and 2), A is the RSSI value received at 1 m, and d is the distance between the sender and the receiver. To use the BLE and UWB signals, various anchor nodes should be placed in the hospital environments. These devices may receive the wireless signals which are periodically broadcasted by the mobile devices. The received signals and the id of the sender is sent to the Positioning Layer which is responsible for finding the location of the mobile asset. Based on the mobile device technology both BLE and UWB anchors may collect the signals from the environment and send them to the positioning layer.

2.2. Positioning Layer



While BLE is used in applications where we need to monitor with meter-wide precision, UWB is used in the cases

that require cm-based precision. For tracking target assets, small

Figure 2. The general architecture of the proposed asset tracking system

devices which periodically send BLE or UWB signals are attached to them. The anchor devices in the environment measure the strength of received signals and send this information to the positioning layer. In the positioning layer, the distance between the target entity and the anchors measured based on the strength of the received signals. The distance information is sent to a different positioning algorithm running on the server. The system administrator may select one of the standard localization algorithms such as multilateration, fingerprinting, weighted averaging or proximity based method. The result of the positioning algorithm is presented to the users of the system via web services. UWB-based positioning systems determine the distance between target entities and beacons more precisely based on the arrival time of the signals. Adaptive version of multilateration, weighted averaging, proximity, and fingerprinting techniques can be used to determine the location of mobile devices using UWB signals. The location of personnel or patients may be determined using the broadcasted BLE signals from their mobile phones.

2.3. Real Time Analysis and Reporting Layer

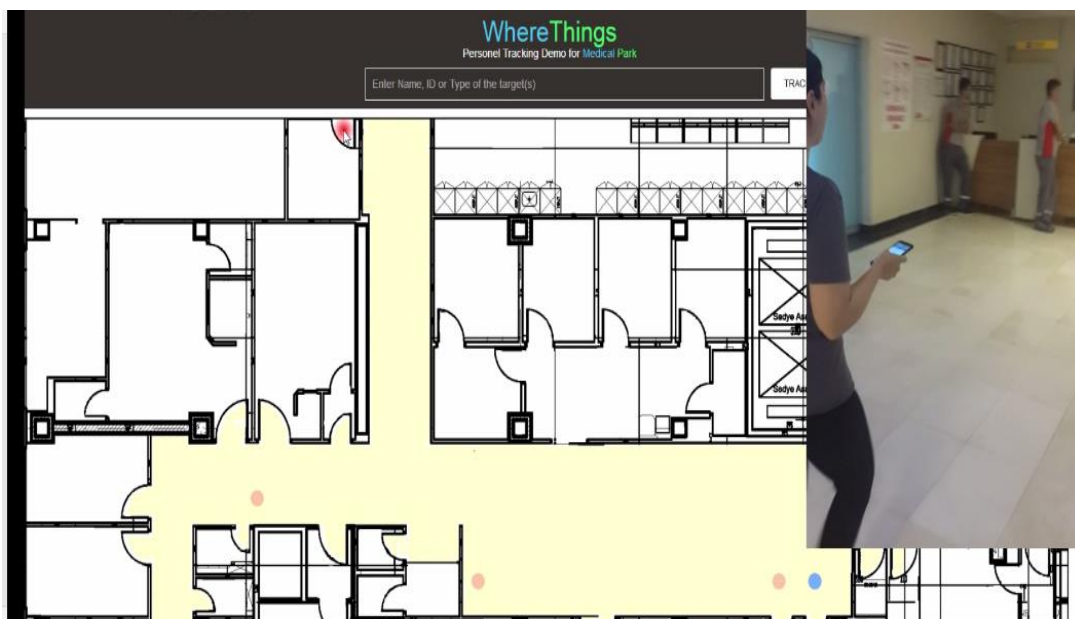
The received location information from the tracking devices are stored in a server which is running on the cloud. The information coming to the cloud server is sent to the Web or Mobile applications via the web services. The tracking and the cloud system can be used in common for different applications. For custom requirements a special web or mobile application can be developed to meet the system conditions. For example, the floor plans of the hospital can be entered into web or mobile application to track the patients and devices. In this way, the locations of the assets will be shown on the user interface. For developing the web applications different technologies and language such JavaScript, JSON, Ajax, Server-Sent Events, Web Sockets, and RestFul services can be used. Anonymous reports (without covering the patients or staff data) can be generated to track end evaluate the hygiene procedures.

The general architecture of the proposed asset tracking system is shown in Figure 2. At the lowest layer, we use BLE and UWB modules at the hardware level. We place anchors in the different locations that need to be monitored in the hospital. The collected signal data from the anchor nodes are the input of the positioning layer. In the positioning layer, a selected algorithm by the administrator finds the location information by using multilateration, fingerprinting, weighted averaging and, proximity based techniques. At the top layer, we have a detailed reporting modules running in the cloud server. These modules used up-to-date technologies such as NodeJs, Ajax, and, MongoDB.

3. Results and Discussion

In the pilot implementation, we placed ESP32 devices as anchors in the 3 locations of hospital to track the mobile nodes. We used the mobile phones to broadcast BLE signals. These signals are collected by the ESP devices and the collected signal strength data and the collected information are sent to a serve over WiFi connection and Internet. After determining the location of the mobile node in the positioning layer the real time location of the mobile nodes is shown to the user on the map. An example screenshot of the system is given in Figure 3.

Table 1 shows the comparison between competitor companies and proposed system. This comparison has been reviewed in two main metrics as supported systems and technologies. Infection Control System, Device Tracking System, and Hygiene Surveillance System are discussed under the supported systems metric. The proposed system covers all metrics while the other systems only support some of these tasks. Although Stanley, Ubisense, Comport, Impinj, Intelligent InSites, Aruba, Midmark, Sanitag, and Versus work in the health field (Ruiz and Granja, 2017) they do not provide any of the services we recommend, so they are not included in the comparison table. CenTrak and Zebra were chosen because they are well known in the field of indoor localization and already completed large-scale projects. CenTrak, one of the important companies developing hospital asset tracking systems in the



global market, offers various services to its users. These systems use BLE-based localization technology. CenTrak has no reported activity on the infection control system. In addition, since WiFi

and BLE technology are used in CenTrak's device tracking and hygiene surveillance system, the sensitivity of their system is

Figure 3. Pilot implementation of the proposed system.

Table 1. Comparison of the tracking systems in hospital

	SUPPORTED SYSTEMS		
	Infection Control System	Device Tracking System	Hygiene Surveillance System
Proposed System	End-to-end infection control	Detailed device evaluation with BLE-based system	Made with a UWB-based system in centimeters (20-30 cm) diameter
CenTrak	Not Supported	Only location tracking with the WiFi-based system	Made with a BLE-based system in meters (1-2 m) diameter
Zebra	Not Supported	Only location tracking with the WiFi-based system	Not Supported
Teletracking	Not Supported	Not Supported	Made with a WiFi-based system in meters (1-3 m) diameter

much lower than the proposed UWB-based system. In the developed systems by Zebra, there are no infection control and hygiene surveillance modules. Since the device tracking system is made with WiFi technology, the location of the devices is

estimated with considerable error ratio. Also the energy consumption of WiFi based systems is high. Although Teletracking offers a WiFi-based system for detecting hand hygiene, it does not offer any service for infection and device control.

4. Conclusions

In this paper we proposed a cloud-based IoT asset tracking system for hospitals using ultra-wideband and BLE localization. The proposed system has 3 main layers. In the lowest layer, the distributed IoT devices in the hospital, collect the broadcasted BLE and UWB signals from the mobile nodes. The strength of received signals is measured by the IoT devices and these data

are sent to the second layer which is responsible for finding the location of mobile nodes. In this layer different algorithms, such as multilateration, weighted averaging, finger printing and approximated methods can be used to find the location of mobile nodes. The third layer shows the detected positions on the web pages or mobile applications. The data are sent over HTTP protocol the mobile or web client. Also different analytical report can be generated by the reporting tool. As the future work, we plan to implement the proposed system as a full functioning software, design more efficient localization algorithms and develop custom anchors using new generation of IoT devices.

References

Alhmiedat, T. A. and Yang, S. H. (2007) A survey: Localization and tracking mobile targets through wireless sensors network. *PGNet*.
 Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey, *Elsevier, Computer Networks*, Volume 54, Issue 15.

- Belka, R. (2019, November). An indoor tracking system and pattern recognition algorithms as key components of IoT-based entertainment industry. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019* (Vol. 11176, p. 111765P). International Society for Optics and Photonics.
- Doherty, L., Pister, K. S. J., and Ghaoui, L. E. (2001) Convex position estimation in wireless sensor networks. *Proc. of the 12th Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communications Societies*, Anchorage, Alaska, 22-26 April, pp. 1655-1663. IEEE Computer Society, Washington.
- He, Y., Bahirat, P., Knijnenburg, B. P., & Menon, A. (2019). A data-driven approach to designing for privacy in household IoT. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS)*, 10(1), 1-47.
- Karimpour, N., Karaduman, B., Ural, A., Challenger, M., & Dagdeviren, O. (2019, June). Iot based hand hygiene compliance monitoring. In *2019 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Khudhair, A. A., Jabbar, S. Q., Sulttan, M. Q., & Wang, D. (2016). Wireless indoor localization systems and techniques: survey and comparative study. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 3(2), 392-409.
- Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain M. and Kwak, K. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey, in *IEEE Access*, vol. 3, pp. 678-708.
- McClelland, K., Flinner, H., Abler, R., Garver, P., & George, J. (2017, September). Time Difference of Arrival Localization Testbed: Development, Calibration, and Automation. In *Proceedings of the GNU Radio Conference* (Vol. 2, No. 1, pp. 8-8).
- Melis, A., Prandini, M., Sartori, L., & Callegati, F. (2016, September). Public transportation, IoT, trust and urban habits. In *International conference on internet science* (pp. 318-325). Springer, Cham.
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. J. P. C. (2016). Industrial big data as a result of IoT adoption in manufacturing. *Procedia cirp*, 55, 290-295.
- Nagpal, R., Shrobe, H., and Bachrach, J. (2003) Organizing a global coordinate system from local information on an ad hoc sensor network. *Proc. of the 2nd Int. Workshop on Information Processing in Sensor Networks*, Palo Alto, CA, USA, 22-23 April, pp. 333-348. Springer-Verlag, Berlin.
- Patwari, N., Ash, J. N., Kyperountas, S., Hero, A. O., Moses, R. L., and Correal, N. S. (2005) Locating the nodes: Cooperative localization in wireless sensor networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 22(4), 54-69.
- Pei, L., Liu, J., Chen, Y., Chen, R., & Chen, L. (2017). Evaluation of fingerprinting-based WiFi indoor localization coexisted with Bluetooth. *The Journal of Global Positioning Systems*, 15(1), 1-12.
- Peng, R., & Sichitiu, M. L. (2006, September). Angle of arrival localization for wireless sensor networks. In *2006 3rd annual IEEE communications society on sensor and ad hoc communications and networks* (Vol. 1, pp. 374-382). IEEE.
- Ruiz, A. R. J., & Granja, F. S. (2017). Comparing ubisense, bespoon, and decawave uwb location systems: Indoor performance analysis. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 66(8), 2106-2117.
- Shang, Y., Fromherz, M. P. J., Ruml, W., and Zhang, Y. (2003) Localization from mere connectivity. *Proc. of the 4th ACM Int. Symp. on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, Annapolis, Maryland, USA, 1-3 June, pp. 201-212. ACM Press, New York.
- Tan J. & Koo, S. G. M. (2014). A Survey of Technologies in Internet of Things, *2014 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems*, 2014, pp. 269-274.
- Tripathi, A. K., Sharma, K., Bala, M., Kumar, A., Menon, V. G. and Bashir, A. K. (2021) A Parallel Military-Dog-Based Algorithm for Clustering Big Data in Cognitive Industrial Internet of Things, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 2134-2142.
- Wang, Y., Chen, M., Wang, X., Chan, R. H., & Li, W. J. (2018). IoT for next-generation racket sports training. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4558-4566.
- Whitmore, A., Agarwal, A. & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Inf Syst Front* 17, 261–274.
- Xiao, L. and Ouksel, A. M. (2006) Scalable self-configuring integration of localization and indexing in wireless ad-hoc sensor networks. *Proc. of the 7th Int. Conf. on Mobile Data Management*, Nara, Japan, 9-13 May. IEEE, Washington.
- Xu, L. D., He, W. and Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey, in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233-2243.



Bir İnsansız Su Üstü Aracının Dış Bozucu Etkisinde Makine Öğrenmesi ile Hız Kontrolü

Recep Fatih Cantekin¹, Berna Erol², Seda Karadeniz Kartal^{3*}

¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2130-894X), recep_cantekin@hotmail.com

² Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7381-9840), erolberna4@gmail.com

^{3*} Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4756-5490), sedakaradeniz@gmail.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952256)

ATIF/REFERENCE: Cantekin, R.F., Erol, B. & Kartal, S. (2021). Bir İnsansız Su Üstü Aracının Dış Bozucu Etkisinde Makine Öğrenmesi İle Hız Kontrolü. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 431-437.

Öz

İnsansız su üstü araçlarının kontrolü, kullanım alanlarının her geçen gün artması nedeniyle önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada bir insansız su üstü aracının (WAM-V USV14) akıntı etkisi altında iticilerine verilmesi gereken uygun girişlerin kontrolü sunulmuştur. İlk olarak WAM-V USV14 için üç serbestlik derecesine sahip matematiksel model elde edilmiştir. İnsansız su üstü aracının doğrusal olmayan matematiksel modeli Newton-Euler yaklaşımı ile elde edilmiştir. İnsansız su üstü araçlarının kontrolü için literatürde yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bununla birlikte insansız su üstü araçları için yeni kontrolcü tekniklerinin geliştirilmesi güncel bir konudur. Tasarlanan kontrolcülerin araca etki eden dış bozuculardan etkilenmemesi istenmektedir. İnsansız su üstü aracına etki eden dış bozucular, okyanus akıntısı, dalga, rüzgar vb. olabilir. Dış bozucular aracın konumu, yönünü ve hızını etkiler. Bundan dolayı aracın istenen görevleri yerine getirememesine neden olabilir. Bu çalışmada insansız su üstü aracının kontrolü için makine öğrenmesi yöntemi önerilmiştir. Mevcutta kullanılan klasik kontrol tekniklerine alternatif bir yöntem olarak makine öğrenmesi ile dış bozucuların etkisinde, su üstü aracının hızı kontrol edilmiştir. Aracın hız kontrolünü sağlayan, makine öğrenme algoritması olan destek vektör makinesi için PID kontrolcü ile farklı referans sinyallere karşı aracın iticilerine girdi bilgileri üretilerek veriseti oluşturulmuştur. Su üstü araçları akıntıya maruz kaldıklarında yana kayma ve hücüm açıları meydana gelir. Yana kayma ve hücüm açıları tanımlanarak araca etki eden akıntının etkisi analiz edilmiştir. Farklı yön ve hızlardan gelen akıntıya karşı aracın hızı, destek vektör makinesi ile başarılı bir şekilde kontrol edilmiştir. Literatürde kullanılan kontrol tekniklerinden farklı olarak SVM'nin su üstü aracının kontrolünde kullanılması bu çalışmanın katkısıdır. Tüm çalışma MATLAB/Simulink ortamında yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız su üstü aracı, Matematiksel modelleme, Hız kontrolü, Makine öğrenmesi, Destek vektör makinesi.

The Velocity Control with Machine Learning under the External Disruption of an Unmanned Sea-Surface Vehicle

Abstract

Control of unmanned surface vehicles has become an important issue due to the increase in usage areas day by day. In this study, the control of suitable inputs that should be given to the thrusters of an unmanned surface vehicle (WAM-V USV14) under the current effect is presented. Firstly, a mathematical model with three degrees of freedom is obtained for WAM-V USV14. The nonlinear mathematical model of unmanned sea-surface vehicle (WAM-V USV14) is obtained with Newton-Euler approach.

* Sorumlu Yazar: Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4756-5490, sedakaradeniz@gmail.com

There are many studies in the literature for the control of unmanned surface vehicles. In addition, the development of new control techniques for unmanned surface vehicles is a current issue. It is desired that the designed controllers are not affected by external disturbances affecting the vehicle. External disturbances affecting the unmanned surface vehicle may be ocean current, wave, wind, etc. External disturbances affect the position, direction and speed of the vehicle. Therefore, it may cause the vehicle to fail to perform the requested tasks. In this study, machine learning method is proposed for the control of unmanned surface vehicle. The surge velocity of the sea- surface vehicle was controlled with machine learning as an alternative to the conventional control techniques currently used. For the support vector machine, which is the machine learning algorithm that provides the velocity control of the vehicle, the data set was created by generating input information for the vehicle's thrusters against different reference signals with PID controller. When surface vehicles are exposed to current, sideslip and angles of attack occur. The effect of the current affecting the vehicle was analyzed by defining the sideslip and attack angles. The speed of the vehicle against the current coming from different directions and surge velocity was successfully controlled with the support vector machine. The all study was done in MATLAB / Simulink environment.

Keywords: Unmanned surface vehicle, Mathematical modelling, Speed control, Machine learning, Support vector machine.

1. Giriş

İnsansız su üstü araçları ticari, askeri ve bilimsel alanlarda arama/kurtarma çalışmalarında, çevre kontrolünde, liman güvenliğinde ve sualtı haritalandırmada gibi birçok uygulama alanı için önemlidir. İnsansız su üstü araçları kontrol sistemlerinin, sensör sistemlerinin, iletişim ve silah sistemlerinin gelişmesi ile birlikte bahsedilen görevleri yerine getirebilirler (Bertaska vd., 2015; Sarda vd., 2016). İnsansız su üstü araçlarının kontrolü aktif bir araştırma konusudur. Aguiar ve Pascoal, bilinmeyen bir akıntıda belirsiz hidrodinamik parametrelere sahip bir insansız su üstü aracını su yüzeyinde sabit tutabilmek için doğrusal olmayan bir uyarlamalı kontrolör tasarlamışlardır (Aguiar & Pascoal, 2007). İnsansız su üstü araçları için kontrol teoremlerinin doğrulanması için büyük ölçekli deniz deneyleri yerine simülasyon ortamında veya küçük ölçekli deniz deneyleri ile gerçekleştirilir (Ashrafiuon vd., 2010). Su üstü ve insansız su üstü araçlarının kontrolüne dair ilgili literatür incelendiğinde; uyarlamalı kontrol, geri adım kontrolü (backstepping control), kademeli kontrol teorisi, kayan mod kontrol (sliding mode control), bulanık mantık kontrolü, yapay sinir ağı kontrolü, hibrit kontrol gibi çalışmalara sıkça rastlanabilir. M.Chen ve ark. su üstü araçlarının deniz üzerinde sabit kalabilmesi için değişken yapı kontrolü ile birlikte uyarlanabilir kontrol önermişlerdir. Bu kontrol sistemini sinir ağları ile tasarlamışlardır (Chen vd., 2013). Z. Dong ve ark. yatay düzlemde bir USV'nin yörünge izleme problemini ele almak için durum geri besleme temelli bir geri adım kontrol algoritması tasarlamışlardır (Dong vd., 2015). İnsansız su üstü araçlarının kontrolü sağlanırken akıntı, rüzgar ve dalga önemli dış bozucu kaynaklarıdır (Sarda vd., 2016). 2016 yılında yine Z. Dong ve ark. insansız deniz araçlarının, farklı okyanus akıntı hızlarının ve yön açılarının varlığında geri adım yöntemine dayalı farklı yörünge izleme kontrol performanslarını incelemişlerdir (Dong vd., 2016). 2018 yılında M.Yong ve ark. insansız su üstü araçları (USV) için akıntı olan ortamlarda; yol uzunluğu, yol düzgünlüğü, ekonomik maliyet ve yol güvenliğini hedefleyerek yol planlama problemini incelemişlerdir. Yol planlamasını incelerken USV, akıntı etkisinin yanı sıra çarpışmadan kaçınma ve hareket sınırlarına da maruz bırakılmıştır (Ma vd., 2018). 2018 yılında L. Chengxing ve ark. hareket altındaki bir USV'nin hız ve yön açısı izleme kontrolü için kapalı döngü sisteminin kararlılığını analiz eden durum hatası port kontrollü bir kontrolör önermişlerdir (Lv vd., 2018). Daha önce literatürde olan kontrol tekniklerinden farklı olarak, bir insansız su üstü aracının hız kontrolü için destek vektör makinesi kullanılması bu çalışmanın katkısıdır.

Destek vektör makinesi (SVM) hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılabilir (Vapnik, 2000). Sınıflandırma problemlerinde daha sık kullanılan SVM, regresyon problemlerinde kullanılması Smola ve ark. tarafından önerilmiştir (Smola & Schölkopf, 2004).

Bu çalışmada insansız su üstü aracı için akıntı etkisi altında hız kontrolü yapılmıştır. USV'ye akıntı etki ettiğinde aracın istenen hızda kalabilmesi için uygun araç itici kuvvetlerinin tahmini SVM algoritması ile gerçekleştirilmiştir. SVM'nin eğitimi için gerekli olan veri seti, PID kontrolcü ile oluşturulmuştur. Burada SVM, aracın akıntı etkisi altında referans hızda sabit kalabilmesi için uygun itici girişlerini üretmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Su Üstü Aracının Matematiksel Modeli

Su üstü aracının doğrusal olmayan dinamik ve kinematik matematiksel modeli denklem 1 ve 2 de tanımlanmıştır (Fossen, 1999).

$$M(\dot{v})+C(v)v+D(v)v+g(\eta)=\tau=u \quad (1)$$

$$\dot{\eta}=J(\eta)v \quad (2)$$

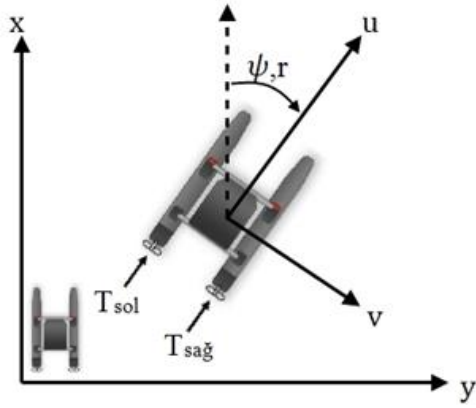
Burada, M, aracın kütle matrisi, C, merkezkaç kuvveti ve Coriolis kuvveti matrisi, D, sönümlenme matrisi, g, yerçekimi ve suyun kaldırma kuvveti matrisi, v, aracın doğrusal ve açısal hız vektörü, η, aracın konum ve yönelim vektörü, J, koordinat çevirimi matrisi, τ, iticilerin ürettiği kuvvet ve momentlerden oluşan girdi vektörüdür. Aracın üç serbestlik derecesine sahip, x, y eksenindeki doğrusal hareket ve z eksenindeki dönme (sapma) hareketleri için araca etki eden kuvvet ve momentler ile hız ve konum bilgileri Tablo 1 de verilmiştir.

Denklem 1 ve 2 bu çalışmada kullanılacak olan, Şekil 1'de gösterilen su üstü aracının hareketi için 3 serbestlik derecesindeki tanımlanmıştır. Sistemin girdisi olan u matrisi iticilerin ürettiği oldukları moment ve kuvvetlerden oluşan sütun matrisidir.

Tablo 1. Su üstü aracının hareket notasyonları

Serbestlik Derecesi	Konum ve Yönelimler	Kuvvet ve Moment	Doğrusal ve Açısal Hızlar	Pozisyon ve Euler Açılı
1	x eksenindeki hareket	X	u	x
2	y eksenindeki hareket	Y	v	y
3	z eksenindeki dönüş	N	r	ψ

Bu çalışmada model olarak kullanılan su üstü aracında (WAM-USV14) 1 tane sağda 1 tane solda olmak üzere 2 adet itici yatay konumda yerleştirilmiştir. Yataydaki iticiler x eksen yönündeki hareketi (surge) ve z eksen etrafındaki dönmeyi (yaw) sağlarlar. WAM-USV14 aracın matematiksel modelinde, daha önce sistem tanılaması yapılarak elde edilen sönümleme parametreleri, katma kütle parametreleri kullanılmıştır (Klinger vd., 2017).



Şekil 1. Modellenen su üstü aracına ait iticiler ve yapabildiği hareketler (WAM-USV14)

Matematiksel modeldeki matrisler:

$$M = \begin{bmatrix} m-X_{\dot{u}} & 0 & 0 \\ 0 & m-Y_{\dot{v}} & 0 \\ 0 & 0 & I_z-N_{\dot{r}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -(m-Y_{\dot{v}})v \\ 0 & 0 & (m-X_{\dot{u}})u \\ (m-Y_{\dot{v}})v & -(m-X_{\dot{u}})u & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$D = - \begin{bmatrix} X_u & 0 & 0 \\ 0 & Y_v & 0 \\ 0 & 0 & N_r \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$J = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

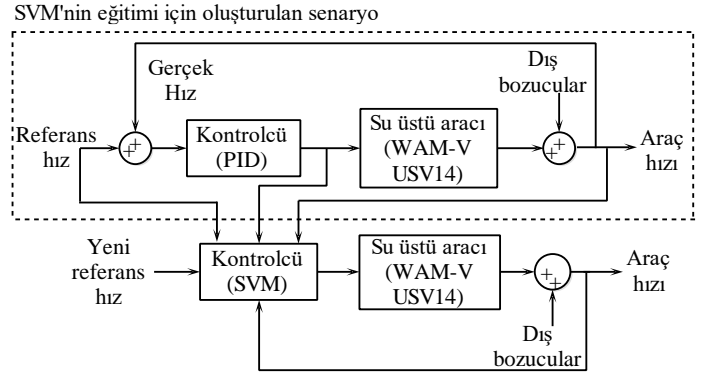
Burada, m: aracın kütlesi, X_u, Y_v, N_r: aracın katma kütle parametreleri, X_u, Y_v, N_r: aracın sönümleme parametreleri ve I_z: z eksenindeki atalet tensörüdür.

İticilerin ürettiği kuvvet ve momentten oluşan girdi vektörü Denklem 7'deki gibidir (Klinger vd., 2017). Burada B, iki itici arasındaki mesafedir.

$$\tau = \begin{bmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{sol}+T_{sağ} \\ 0 \\ (T_{sol}-T_{sağ}) * (\frac{B}{2}) \end{bmatrix} \quad (7)$$

2.2. İnsansız Su Üstü Aracının Kontrolü

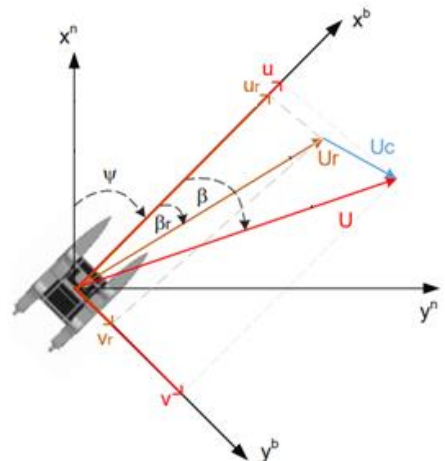
İnsansız su üstü aracının ileri yön hızı, farklı hız ve farklı yönlerde araca etki eden akıntı olduğu durumlarda, makine öğrenmesi olan SVM algoritması ile kontrol edilmiştir. Şekil 2'de su üstü aracı kontrolünün blok şeması verilmiştir. SVM, aracın akıntı durumundaki hareketini kontrol etmek için iticilere gönderilmesi gereken bilgiyi tahmin etmektedir. SVM'nin eğitimi gerçekleştirmek için gerekli veri seti, aracın referans hızlarına karşı uygun itici bilgileri PID kontrolcünden elde edilerek oluşturulmuştur. Veri setini oluştururken PID kontrolcülerin kazanç katsayıları, referans hız ile model cevabı hız arasındaki hatayı minimize edecek şekilde bulunmuştur.



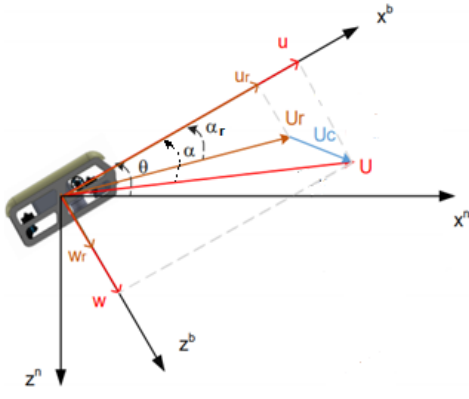
Şekil 2. SVM kontrolcü blok şeması

2.2.1. Su Üstü Aracı Hareketine Akıntı Etkisi

Su üstü aracına etki eden akıntı sebebi ile aracın yanal hareketinde etkili olan yana kayma (sideslip), β, açısı ve sapma açısı (ψ) Şekil 3'te, su üstü aracının dikeydeki hareketinde etkili olduğu hücum açısı, α, Şekil 4'te gösterilmiştir. Vücut (body) yapı eksenleri ve dünya yapı eksenleri sırasıyla x^b, y^b, z^b ve xⁿ, yⁿ, zⁿ olarak gösterilmiştir (Fossen, 1999).



Şekil 3. Sapma açısı ve yana kayma açısı



(b)

Şekil 4. Hücüm açısı

Hücüm açısı ve yana kayma açısı Denklem 8'deki gibi tanımlanır.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{w}{u}, \beta = \sin^{-1} \frac{v}{U} \quad (8)$$

Burada u, v, w aracın x, y ve z eksenlerindeki doğrusal hızlarıdır. U ile gösterilen aracın hız vektörüdür ve yatay hareket için $U = \sqrt{u^2 + v^2}$ olarak tanımlanır. Akıntı varlığında bağıl hücüm açısı (α_r) ve bağıl yana kayma açısı (β_r) Denklem 9'daki gibi tanımlanır:

$$\alpha_r = \tan^{-1} \frac{w_r}{u_r}, \beta_r = \sin^{-1} \frac{v_r}{U_r} \quad (9)$$

Burada, u_r, v_r, w_r sırasıyla aracın x, y ve z eksenlerindeki bağıl doğrusal hızlarıdır. Akıntı hızını x, y ve z eksenlerinde sırasıyla u_c, v_c, w_c (akıntı hızı, $U_c = \sqrt{u_c^2 + v_c^2 + w_c^2}$) ise, aracın bağıl doğrusal hızları, $u_r = u - u_c, v_r = v - v_c, w_r = w - w_c$ olarak tanımlanır. U_r ile gösterilen aracın bağıl hızıdır ve 3D hareket için $U_r = \sqrt{u_r^2 + v_r^2 + w_r^2}$.

Bu çalışmada kullanılacak su üstü aracı için, akıntı yok ise hücüm açısı ve yana kayma açısı sıfırdır. Bu açıların etkisi ancak akıntı varlığında incelenebilir. Akıntının var olduğu ortamda, aracın hızı için bağıl hız bağıntısı geçerlidir.

2.3. Destek Vektör Makinesi ile Kontrol

Destek vektör makinesi, istatistiksel öğrenme teorisine dayanıp Vapnik tarafından geliştirilmiştir (Vapnik, 2000). SVM, doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerde hem sınıflandırma hem de regresyon işlemlerinde kullanılan bir makine öğrenme yöntemidir (Smola & Schölkopf, 2004). SVM' de amaç verilen giriş değişkenleri ile çıkış değişkenleri arasındaki bağlantıyı kurmaktır. x_i giriş değişkenleri, y_i ise bu girişlere denk gelen çıkış değişkenleri olan $D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i)\}$ den oluşan bir veri seti olsun. SVM algoritması x_i 'ler ile y_i 'lerin ilişkisini en doğru şekilde oluşturulacak fonksiyonu bulmaktadır. SVM bu fonksiyonu bulur iken aşağıda verilen J maliyet fonksiyonunu minimize eden optimizasyon problemini çözmektedir.

Maliyet fonksiyonu (J):

$$J = \frac{1}{2} \|w\|^2 + K * \sum_{i=1}^m (\xi_i + \xi_i^*) \quad (10)$$

Kısıtlar:

$$y_i - (w * x_i) - b \leq \varepsilon + \xi_i \quad (11)$$

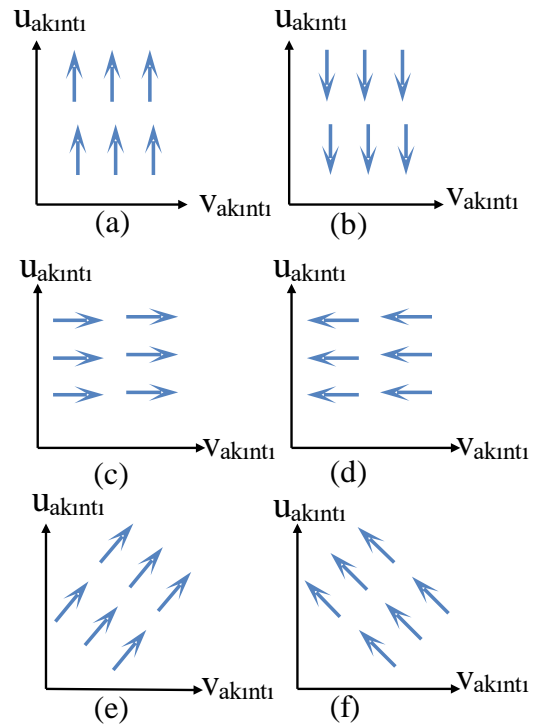
$$(w * x_i) + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \quad (12)$$

$$\xi_i, \xi_i^* \geq 0, \quad i=1, \dots, m \quad (13)$$

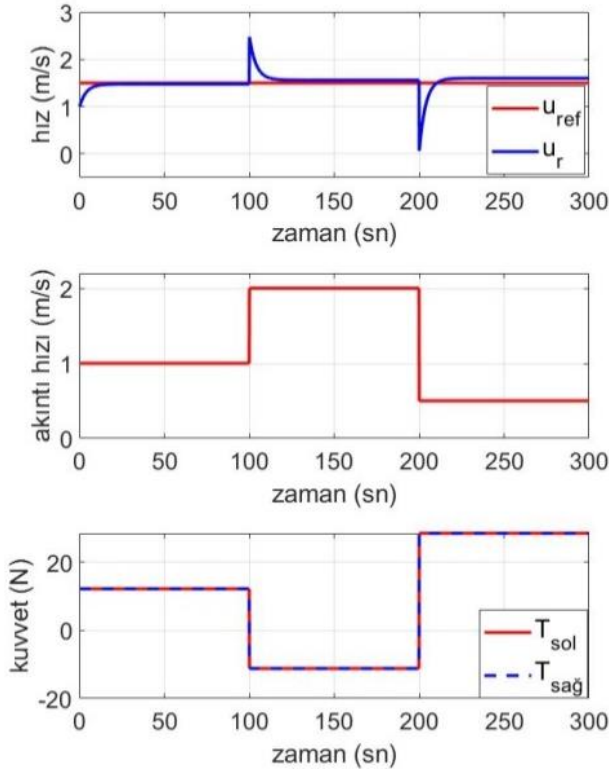
Burada, K parametresi sıfırdan büyük bir sayıdır ve eğitime dahil edilecek olan verileri belirlemede kullanılmaktadır. Veri setine göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzden deneme ile bulunmaktadır. ξ_i ve ξ_i^* ise eğitime dahil edilmeyen verilerin eğitime dahil edilen verilere olan uzaklıkları ifade etmektedir. ε , sıfırdan büyük bir sayı olup kullanıcı tarafından belirlenmektedir. b , oluşturulan fonksiyonda algoritmanın belirlediği bir sabit sayıdır. w ise verilen x_i giriş değişkenleri ile çarpılacak sayı olup algoritma tarafından belirlenmektedir.

3. Simülasyon Sonuçları

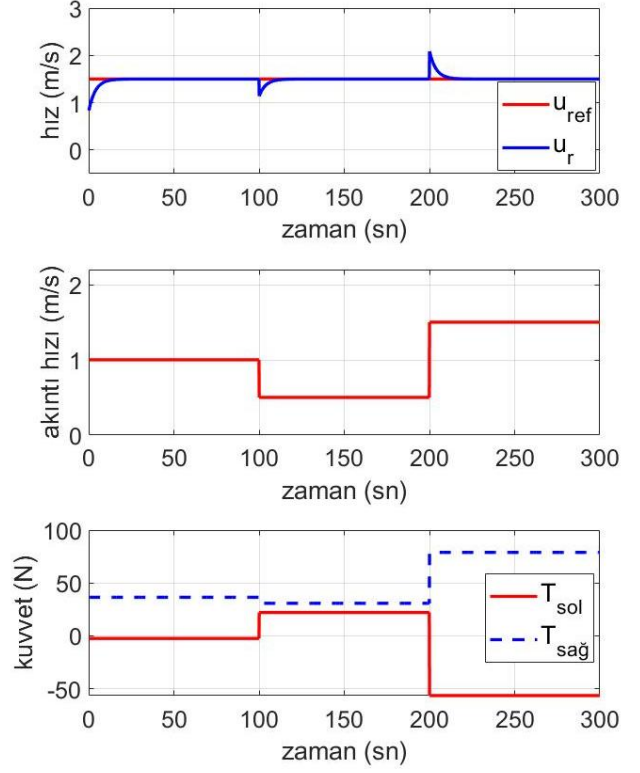
Yapılan bu çalışmada, insansız su üstü aracına etki eden akıntı SVM algoritması ile incelendi. İnsansız su üstü aracına etki eden akıntı ile birlikte aracın istenilen hızda kalması amaçlandı. İnsansız su üstü aracının istenilen hızda kalması için iticilerine verilecek kuvvetin tahmini SVM algoritması ile yapıldı. İlk olarak SVM algoritmasının eğitimi için veri seti oluşturuldu. Veri seti için PID kontrolcüsü kullanıldı ve gelen akıntıya karşılık itici kuvvetleri PID kontrolcü ile belirlendi. Oluşturulan veri seti ile birlikte SVM algoritmasının eğitimi gerçekleştirildi. İnsansız su üstü aracına etki eden akıntı altı farklı yönde incelendi. İncelenen akıntı yönleri Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekil 5'te gösterilen altı farklı akıntı yönünde insansız su üstü aracına farklı değerlerde akıntı hızları uygulanmıştır. Böylece aracın istenilen hızda kalabilmesi için gerekli itici kuvvetleri eğitimi gerçekleştirilen SVM algoritması tarafından tahmin edilmiştir.



Şekil 5. Araca etki eden akıntı yönleri

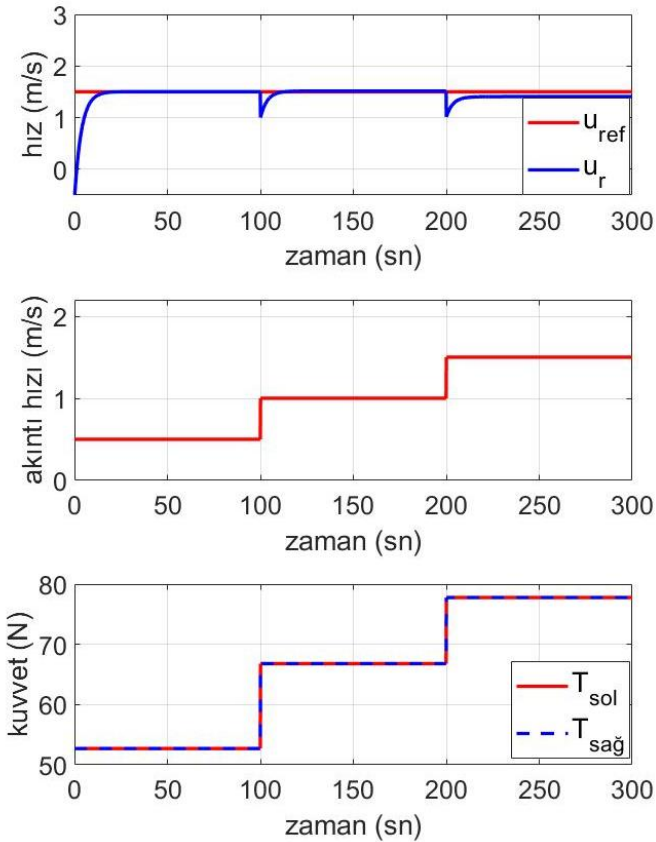


Şekil 6. Araca uygulanan ileri-yön referans hız ve gerçek ileri-yön hızı, araca etki eden akıntı hızı ve akıntı varlığında aracın referans hızı takip edebilmesi için gerekli sağ ve sol itici kuvvetleri (SVM ile elde edilen)

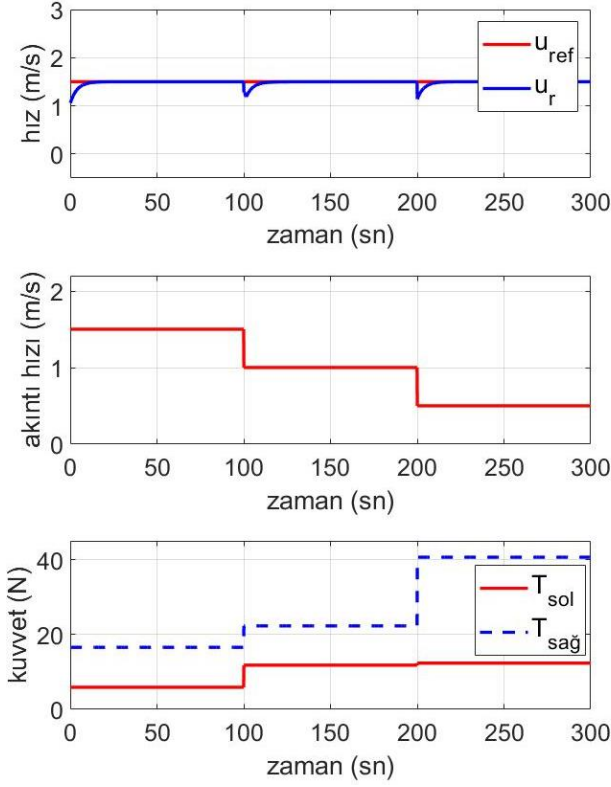


Şekil 8. Araca uygulanan ileri-yön referans hız ve gerçek ileri-yön hızı, araca etki eden akıntı hızı ve akıntı varlığında aracın referans hızı takip edebilmesi için gerekli sağ ve sol itici kuvvetleri (SVM ile elde edilen)

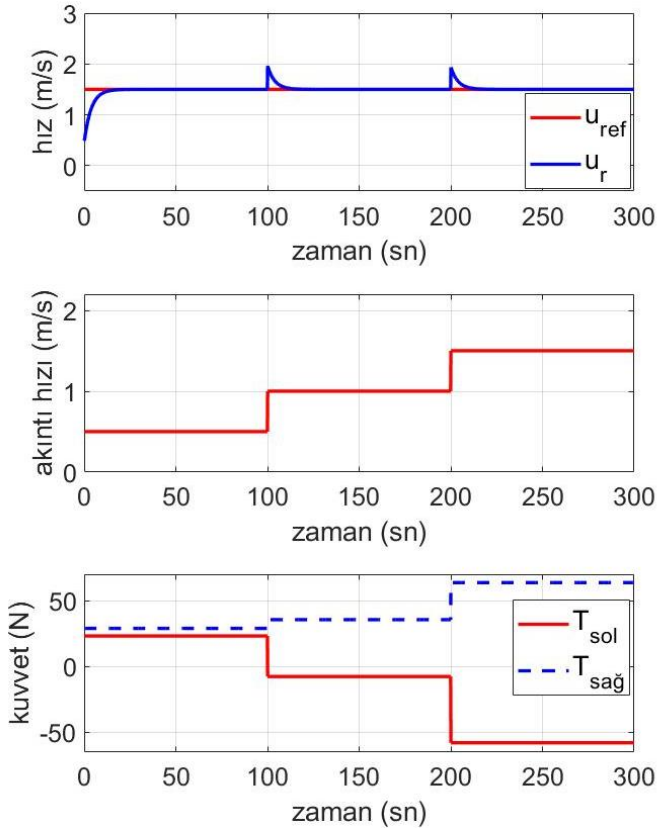
Şekil 6'da araca etki eden akıntının yönü Şekil 5 (a)'da gösterildiği gibidir ve araca etki eden akıntı yönü ile araç yönü aynı eksen üzerindedir. Akıntı hızı sırasıyla 1 m/s, 2 m/s ve 0.5 m/s olarak verilmiştir. Aracın referans hızı 1.5 m/s olarak belirlenmiştir. Böylece araç ileri yön hareketini yaparak referans hızı takip edebilmesi için uygulanması gereken uygun itici kuvvetleri SVM tarafından bulunmuştur. Şekil 7'de araca etki eden akıntının yönü Şekil 5 (b)'de gösterildiği gibidir ve araca etki eden akıntı yönü ile araç yönü birbirine ters yöndedir. Akıntı hızı sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s olarak verilmiştir. Böylece araç ileri yön hareketini yapabilmesi için sağ ve sol iticilere uygulanacak uygun itici kuvvetleri SVM tarafından bulunmuştur. Şekil 8'de araca etki eden akıntının yönü Şekil 5 (c)'de gösterildiği gibidir ve araca etki eden akıntı yönü araç ileri yön hareketini yaparken araca soldan etki edecek şekildedir. Şekil 9'da araca etki eden akıntının yönü Şekil 5 (d)'de gösterildiği gibidir ve araca etki eden akıntı yönü araç ileri yön hareketini yaparken araca sağdan etki edecek şekildedir. Akıntı hızı sırasıyla 1.5 m/s, 1 m/s ve 0.5 m/s olarak verilmiştir. Şekil 10'da araca etki eden akıntının yönü Şekil 5 (e)'de gösterildiği gibidir ve araca etki eden akıntı yönü araç ileri yön hareketini yaparken araca sol arka çaprazdan etki edecek şekildedir. Akıntı hızı sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s olarak verilmiştir. Şekil 11'de araca etki eden akıntının yönü Şekil 5 (f)'de gösterildiği gibidir ve araca etki eden akıntı yönü araç ileri yön hareketini yaparken araca sağ arka çaprazdan etki edecek şekildedir. Akıntı hızı sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s olarak verilmiştir. Araç ileri yön hareketini yaparak referans hızı takip edebilmesi için sağ ve sol iticilere uygulanması gereken itici kuvvetleri SVM tarafından belirlenmiştir.



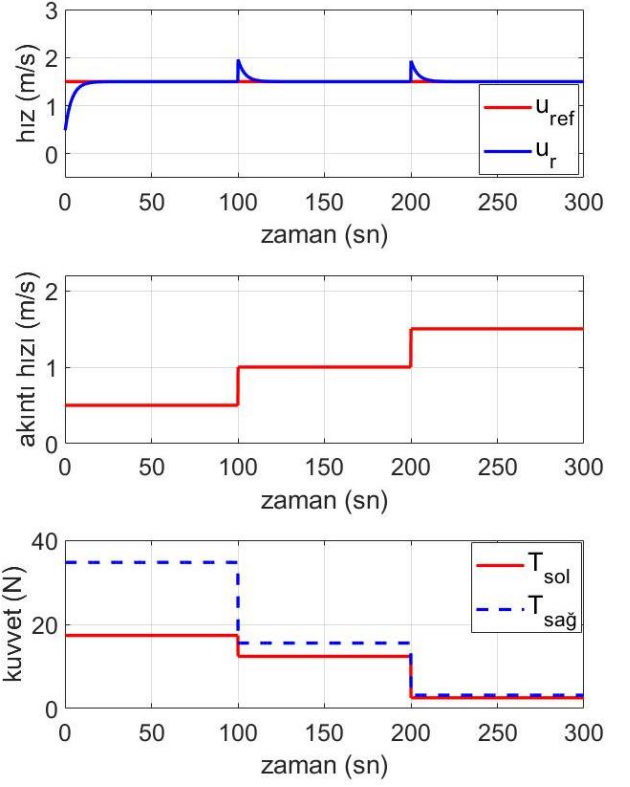
Şekil 7. Araca uygulanan ileri-yön referans hız ve gerçek ileri-yön hızı, araca etki eden akıntı hızı ve akıntı varlığında aracın referans hızı takip edebilmesi için gerekli sağ ve sol itici kuvvetleri (SVM ile elde edilen)



Şekil 9. Araca uygulanan ileri-yön referans hız ve gerçek ileri-yön hızı, araca etki eden akıntı hızı ve akıntı varlığında aracın referans hızı takip edebilmesi için gerekli sağ ve sol itici kuvvetleri (SVM ile elde edilen)



Şekil 10. Araca uygulanan ileri-yön referans hız ve gerçek ileri-yön hızı, araca etki eden akıntı hızı ve akıntı varlığında aracın referans hızı takip edebilmesi için gerekli sağ ve sol itici kuvvetleri (SVM ile elde edilen)



Şekil 11. Araca uygulanan ileri-yön referans hız ve gerçek ileri-yön hızı, araca etki eden akıntı hızı ve akıntı varlığında aracın referans hızı takip edebilmesi için gerekli sağ ve sol itici kuvvetleri (SVM ile elde edilen)

Tablo 2’de insansız su üstü aracına farklı değerlerde ve yönlerde etki eden akıntı hızına karşılık gelen araç itici değerleri ve yana kayma açıları sunulmuştur. Yana kayma açıları Denklem 9’dan hesaplanmıştır. Bu çalışmada dikkate alınan insansız su üstü aracı, akıntının olmadığı ortam şartlarında ileri yön hareketi için 1.5 m/s hıza sağ ve sol iticilere 40 N uygulandığında ulaşmaktadır.

Tablo 2. Akıntı hızı ve yönüne karşılık gelen itici kuvvetleri

Akıntı Yönü	Akıntı Hızı (m/s)	Sol İtici (T_{sol}) (N)	Sağ İtici ($T_{sağ}$) (N)	Yana Kayma Açısı (derece)
Şekil 5 (a)	1	12.21	12.21	0
Şekil 5 (a)	2	-11.16	-11.16	0
Şekil 5 (a)	0.5	28.48	28.48	0
Şekil 5 (b)	0.5	52.7	52.7	180
Şekil 5 (b)	1	66.8	66.8	180
Şekil 5 (b)	1.5	77.77	77.77	180
Şekil 5 (c)	1	-2.43	36.52	33.367
Şekil 5 (c)	0.5	22.17	30.8	18.4487

Şekil 5 (c)	1.5	-56.48	78.9	45
Şekil 5 (d)	1.5	5.89	16.57	-45
Şekil 5 (d)	1	11.8	22.31	-33.367
Şekil 5 (d)	0.5	12.34	40.62	-18.4487
Şekil 5 (e)	0.5	23.19	28.89	10.8
Şekil 5 (e)	1	-7.58	35.52	17.45
Şekil 5 (e)	1.5	-57.88	63.58	22.33
Şekil 5 (f)	0.5	11.36	34.72	-10.8
Şekil 5 (f)	1	12.14	15.55	-17.45
Şekil 5 (f)	1.5	2.53	3.17	-22.33

4. Sonuç ve Yorum

Bir insansız su üstü aracının doğrusal olmayan matematiksel modeli elde edilmiştir. Okyanus akıntısı gibi dış bozucularda su üstü aracı referans hızı takip edebilmesi için, sağ ve sol iticilerine uygulanması gereken kuvvet, makine öğrenmesi olan SVM ile elde edilmiştir. SVM'nin eğitiminde kullanılan veriseti, PID kontrol tekniği ile dış bozucu olmadan farklı referans hızlarda araca üretilen girdi bilgilerinden oluşturulmuştur. Araca farklı yön ve farklı hızlarda dış bozucu etki ettiğinde SVM'nin ürettiği kuvvet bilgisini iticilere uyguladığımızda aracın hız kontrolünün başarıyla yapıldığı gözlemlenmiştir. Literatürde kullanılan kontrol tekniklerinden farklı olarak makine öğrenmesinin su üstü aracının kontrolünde kullanılması çalışmanın büyük katkısıdır. Bu çalışmanın devamı olarak deniz ya da havuzdan alınan deneysel veriler kullanılarak SVM'nin performansı analiz edilecektir. Tüm çalışma MATLAB/Simulink ortamında hazırlanmıştır.

Kaynakça

- Aguiar, A. P., & Pascoal, A. M. (2007). Dynamic positioning and way-point tracking of underactuated AUVs in the presence of ocean currents. *International Journal of Control*, 80(7), 1092-1108. <https://doi.org/10.1080/00207170701268882>
- Ashrafiuon, H., Muske, K. R., & McNinch, L. C. (2010). Review of nonlinear tracking and setpoint control approaches for autonomous underactuated marine vehicles. *Proceedings of the 2010 American Control Conference*, 5203-5211. <https://doi.org/10.1109/ACC.2010.5530450>
- Bertaska, I. R., Shah, B., von Ellenrieder, K., Švec, P., Klinger, W., Sinisterra, A. J., Dhanak, M., & Gupta, S. K. (2015). Experimental evaluation of automatically-generated behaviors for USV operations. *Ocean Engineering*, 106, 496-514. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.07.002>
- Chen, M., Ge, S. S., How, B. V. E., & Choo, Y. S. (2013). Robust Adaptive Position Mooring Control for Marine Vessels. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 21(2), 395-409. <https://doi.org/10.1109/TCST.2012.2183676>

- Dong, Z., Wan, L., Li, Y., Liu, T., & Zhang, G. (2015). Trajectory tracking control of underactuated USV based on modified backstepping approach. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 7(5), 817-832. <https://doi.org/10.1515/ijnaoe-2015-0058>
- Dong, Z., Wan, L., Liu, T., & Zeng, J. (2016). Horizontal-Plane Trajectory-Tracking Control of an Underactuated Unmanned Marine Vehicle in the Presence of Ocean Currents. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 13(3), 83. <https://doi.org/10.5772/63634>
- Fossen, T. I., *Guidance and Control of Ocean Vehicles*. Wiley, 1999.
- Klinger, W. B., Bertaska, I. R., von Ellenrieder, K. D., & Dhanak, M. R. (2017). Control of an Unmanned Surface Vehicle With Uncertain Displacement and Drag. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 42(2), 458-476. <https://doi.org/10.1109/JOE.2016.2571158>
- Lv, C., Yu, H., Hua, Z., Li, L., & Chi, J. (2018). Speed and Heading Control of an Unmanned Surface Vehicle Based on State Error PCH Principle. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, e7371829. <https://doi.org/10.1155/2018/7371829>
- Ma, Y., Hu, M., & Yan, X. (2018). Multi-objective path planning for unmanned surface vehicle with currents effects. *ISA Transactions*, 75, 137-156. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2018.02.003>
- Sarda, E. I., Qu, H., Bertaska, I. R., & von Ellenrieder, K. D. (2016). Station-keeping control of an unmanned surface vehicle exposed to current and wind disturbances. *Ocean Engineering*, 127, 305-324. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.09.037>
- Smola, A. J., & Schölkopf, B. (2004). A tutorial on support vector regression. *Statistics and Computing*, 14(3), 199-222. <https://doi.org/10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88>
- Vapnik, V. (2000). *The Nature of Statistical Learning Theory* (2. bs). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3264-1>



Comparison of Some Static Path Planning Models Localization Performance in Obstacle-Presence Environment

Dogan Yildiz^{1*}, Serap Karagol²

^{1*}, Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9670-4173), dogan.yildiz@omu.edu.tr

² Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5750-1143), serap.karagol@omu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960213)

ATIF/REFERENCE: Yildiz, D. & Karagol, S. (2021). Comparison of Some Static Path Planning Models Localization Performance in Obstacle-Presence Environment. *European Journal of Science and Technology*, (26), 438-446.

Abstract

Static anchors are generally used for the localization of Unknown Nodes (UNNs) in Wireless Sensor Networks (WSNs). However, it would be a more efficient approach to design a Mobile Anchor (MA) trajectory to cover all UNNs instead and to have the MA travel to broadcast its position at specific points along that trajectory. With this logic, many studies have been published in the literature in recent years. SCAN, HILBERT, SPIRAL, LMAT, Z-curve, H-curve, and M-curves static path planning models are examined in this study. The localization performances of these path planning models are compared with different performance evaluation criteria using the Weighted Centroid Localization (WCL) technique in the obstacle-presence scenario. The simulation results show the advantages of the H-curve model over existing schemes. The SPIRAL model performs worse than other models in the obstacle-presence scenario.

Keywords: localization, mobile anchor node assisted localization, obstacle-handling, path planning, static path planning.

Bazı Statik Yol Planlama Modellerinin Yerelleştirme Performanslarının Engelli Ortamda Karşılaştırılması

Öz

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (Wireless Sensor Networks, WSNs)'de bilinmeyen düğümlerin yerleştirilmesi işlemi için genellikle statik çapalar kullanılmaktadır. Ancak, bunun yerine bütün bilinmeyen düğümleri kapsayacak şekilde bir hareketli çapa yörüngesi tasarlamak ve hareketli çapayı bu yörünge boyunca konumunu belirli noktalarda yayınlamak üzere dolaştırmak, daha verimli bir yaklaşım olacaktır. Bu mantıkla, son yıllarda literatürde birçok çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmada, SCAN, HILBERT, SPIRAL, LMAT, Z-eğrisi, H-eğrisi ve M- eğrileri statik yol planlama modelleri incelenmiştir. Bu yol planlama modellerinin yerelleştirme performansları, düzgün şekilli engeller içeren ağlarda, Ağırlıklı Merkezi Yerelleştirme (Weighted Centroid Localization, WCL) tekniği kullanılarak farklı performans değerlendirme kriterleriyle karşılaştırılmıştır. Benzetim sonuçları, H-eğrisi modelinin mevcut şemalara göre avantajlarını göstermektedir. SPIRAL modeli ise düzgün şekilli engeller içeren senaryolarda diğer modellere göre daha kötü performans göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: yerelleştirme, hareketli çapa düğüm destekli yerelleştirme, engel yönetimi, yol planlama, statik yol planlama.

* Corresponding Author: dogan.yildiz@omu.edu.tr

1. Introduction

Wireless Sensor Networks (WSNs) are the networks that detect application-specific events in the Region of Interest (ROI), collect the processed information about these events wirelessly through multiple sensor nodes and transmit them to a base station. The application areas of WSNs are very diverse. Applications such as environmental monitoring, warfare, child education, surveillance, microsurgery, and agriculture are just a few examples [1]. In most of these applications, the event reported by the sensor nodes becomes meaningful if the event's location is known. Localization is known as the process of determining the physical coordinates of sensor nodes whose locations are unknown [2].

The Global Positioning System (GPS) is one of the most popular positioning technologies easily accessible. However, this technology has some disadvantages, such as high cost and high energy consumption. This situation makes it challenging to install GPS on every node in the WSN. For this reason, GPS units are usually placed in a small number of nodes called Anchor Nodes (ANs) or beacons in the network. The locations of other nodes, except ANs, are obtained by any localization method. These nodes are also called unknown nodes (UNNs) [3].

Many localization methods have been proposed for WSNs until now. These methods can be classified into two general groups according to the distance measurement approaches used in the method: range-based and range-free. Range-based methods use measurement values such as distance or angle to determine the positions of UNNs. They also use extra hardware to obtain these measurements. The most well-known range-based methods are Time of Arrival (ToA), Time Difference of Arrival (TDoA), Angle of Arrival (AoA), and Received Signal Strength Indicator (RSSI). In range-free methods, special equipment is not used for distance estimation. Therefore, they are less costly and simpler than range-based methods. However, range-based methods give more accurate localization results. The most common range-free methods are Approximate Point in Triangle (APIT), Centroid, Distance Vector-hop (DV-hop), and Amorphous [4-7].

The sensor nodes that form WSNs are generally low cost, have low information processing capability, and limited power hardware. There can be hundreds or even thousands of this hardware in a WSN. Therefore, determining the location of the sensors by adding GPS units to each of these hardware is by no means an efficient approach. Therefore, new ideas have to be considered before the sensor nodes in WSN can be localized. With this logic, approaches using only one Mobile Anchor (MA) have been studied in the literature. In these approaches, the only node in the WSN that contains a GPS unit is the MA node and UNNs do not contain a GPS unit. With this idea, significant improvements have been made compared to the scenario where all nodes in the WSN are static. In the Mobile Anchor Node Assisted Localization (MANAL) architecture, MA does not have energy constraints like UNNs. The movement trajectory of the MA can be carefully designed to improve the localization performance of the network. In a localized network using a static anchor, the static anchor cannot be reused after localization. Hence, these nodes will be an extra burden on the network. Fig. 1 shows a MA moving along a certain trajectory by broadcasting periodic signals and the UNNs to be found [8].

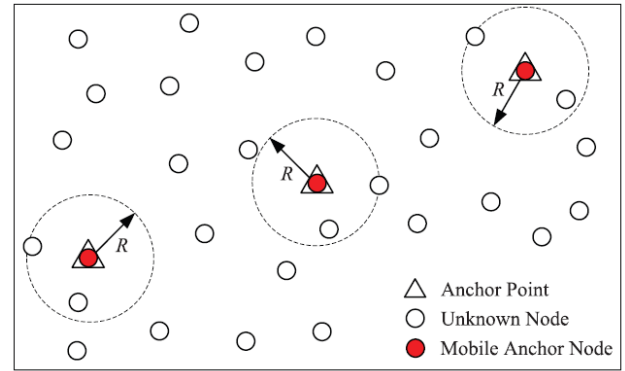


Fig. 1 Mobile anchor node assisted localization [8]

One of the main problems in applications using a MA and unknown static nodes is how to design the path that MA will follow. Generally targeted with such a design are: (i) to find UNNs in the Region of Interest (ROI) with as few errors as possible when the MA uses the path designed; (ii) to find all nodes in the ROI if possible; and (iii) to spend as little energy as possible. In the literature, many studies have been conducted in different scenarios in order to achieve these and similar objectives. In this study, the localization performance of seven static path planning models in the literature is compared in an obstacle-presence environment. The environment used as the base for this comparison is the obstacle environment in the Z-curve study. In addition, a realistic channel is used for the performance evaluation of different mobility models.

2. Related Work

As previously mentioned, localization schemes are divided into two classes according to the distance measurement method: range-based and range-free. This classification is very comprehensive. However, given the number of proposed localization schemes and the mobility of known or unknown nodes, expanding this classification has become necessary. Therefore, if this classification is expanded to consider mobility, four main classes are obtained, as shown in Fig. 2 [9].

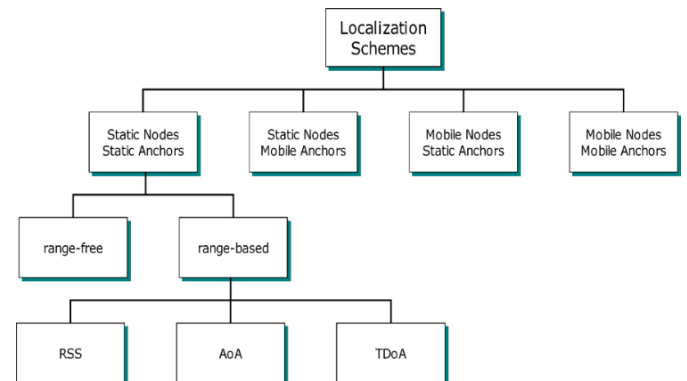


Fig. 2 Classification of localization schemes in WSNs [10]

In this study, studies in the "Static Nodes Mobile Anchor" class, one of the classes in Fig. 2, will be examined. For detailed information about other classes, study [11] can be consulted.

2.1. Mobile Anchor – Static Nodes

In this approach, a node with locational information called MA broadcasts this information periodically, allowing the UNNs

locations to be found according to some localization techniques (e.g., RSSI, TOA, or TDOA). The total cost in the network will be reduced by using a single anchor node. The main problems in MANAL are: i) designing the path of the MA to minimize localization error and performing the localization process of the entire network as soon as possible, ii) designing the localization scheme in which the locations of UNNs are calculated using information from MAs to UNNs [12].

A classification of MA paths is given in Fig. 3. As can be seen, these paths are divided into two main classes as random and planned [9]. Random models are typically used in environments where high localization performances are not required. Random-Way Point (RWP), Random Direction (RD), and Reference Point Group Mobility (RPGM) are examples of these models [13-14].

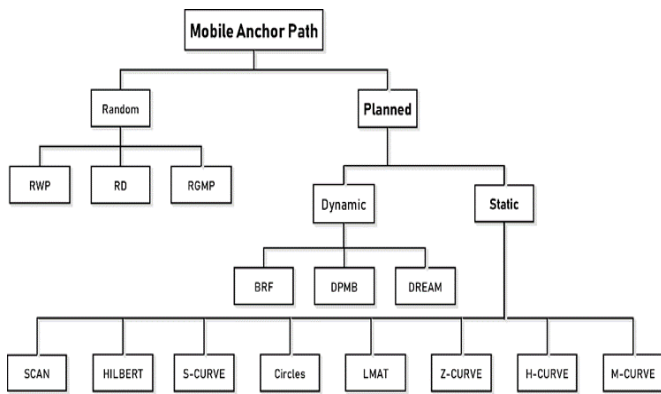


Fig. 3 Different path models for MANAL in WSNs

Planned models can be dynamic or static. In dynamic path planning models, the path is constantly updated with the information obtained on the path according to the need in the application. Therefore, there is no predetermined way.

SCAN, DOUBLE-SCAN, and HILBERT [10], SPIRAL [15], Localization algorithm with a Mobile Anchor node based on Trilateration (LMAT) [16], Z-curve [17], H-curve [9], and M-curves [18] studies can be given as examples of static path planning models. In static models, the path, starting point, and endpoint to be followed by the MA are determined before the localization process. These were designed before the MA was released to the ROI. Thus, there is no external intervention concerning the trajectory it follows while the MA is in movement. The main problem of these models is the *collinearity problem*.

In [10], SCAN, DOUBLE-SCAN, and HILBERT path planning models were proposed. These models are known as the first mobile-assisted static path planning models in the literature. In the HILBERT path planning model, the idea of making more turns in the trajectory is proposed to solve the collinearity problem of SCAN and the path length problem of the DOUBLE SCAN. For this purpose, the ROI is divided into four squares of equal size, and the points between the squares are joined. Using different non-collinear position information from MA, UNNs can estimate their position more correctly than the SCAN model. However, one of the most important problems of the HILBERT model is the problem of coverage. Using the HILBERT path planning model, MA cannot provide sufficient information to UNNs located at ROI boundaries to estimate their location. This will increase the localization error and reduce the number of localized nodes. The SCAN and HILBERT path planning models are shown in Fig. 4a and Fig. 4b, respectively.

In [15], the authors proposed a mobile anchor centroid localization (MACL) method. MA is moved on a spiral trajectory. In the localization process, the MA moves and broadcasts the position messages (x_i, y_i) with a spacing L (moving arc length). The SPIRAL path planning model is shown in Fig. 4c.

Han et al. [16] presented a path planning scheme called LMAT based on trilateration for MAs. In this scheme, the distance between the two locations in which the MA broadcasts location data is defined as the resolution. MA continues its trajectory by forming symmetrical equilateral triangles and broadcasts location data to UNNs at each vertex of these equilateral triangles. This process ensures that the collinearity problem is solved successfully. As a result, high localization accuracy and high localization ratio are achieved with LMAT. However, the length of the path traveled by the MA is long. The LMAT path planning model is shown in Fig. 4d.

Rezazadeh et al. [17] proposed a MA path planning scheme called Z-curve. The MA's path is "Z"-shape. In this study, the authors divided the ROI into squares for three levels and connected the "Z" shapes at each level. As with most mobile path planning models in WSNs, providing three non-collinear points to UNNs in the Z-curve model is one of the main objectives. Additionally, the performance of the Z-curve is evaluated in the presence of obstacles, and the Z-curve obstacle-handling trajectory is proposed to reduce the obstacle problem in localization. The Z-curve model is shown in Fig. 4e.

Alomari et al. [9] presented a MA path planning scheme called H-curves. This scheme is called H-curves because of the multi-curved "H"-shaped paths in the design. The path design was designed to solve the collinearity problem, shorten the distance traveled by MA, and cover each UNN with at least three different MAs. The important point in this study is to create a distance difference of $d_m/2$ between two rows, d_m MA's step interval. Thus, the two rows do not overlap, the number of points decreases, and ultimately a triangle-like communication form is created. Weighted Centroid Localization (WCL) and Weight-Compensated Weighted Centroid Localization (WCWCL) methods were used as localization estimation methods. The H-curve path planning model is shown in Fig. 4f.

Kannadasan et al. [18] devised a different path planning scheme that follows MA's trajectory "M" shape. Therefore, they called the proposed scheme "M-curves". In this study, two successive rows are patterned with the letters M and W. There is a d_m -long space between M or W letters on each row. A $d_m/2$ distance difference is created between two rows. Thus, a triangle-like communication form as in H-curve was obtained, and a solution was made to the collinearity problem. The authors used the "Centroid Method" as the localization estimation method and aimed to increase its performance by adding "Dolphin Swarm Algorithm (DSA)". The M-curve path planning model is shown in Fig. 4g.

The obstacle-handling trajectories of the path planning models in this environment are given in Fig. 4. Except for the Z-curve study, none of the studies in Fig. 4 studied localization performance evaluations in the obstacle-presence environment. This study's main contribution is to measure the performances of the path planning schemes in Fig. 4 in the presence of obstacles and compare them using different evaluation criteria. All path planning models have been tested in the same environment, and this environment is the obstacle-presence environment where a third-order Z-curve is applied [9].

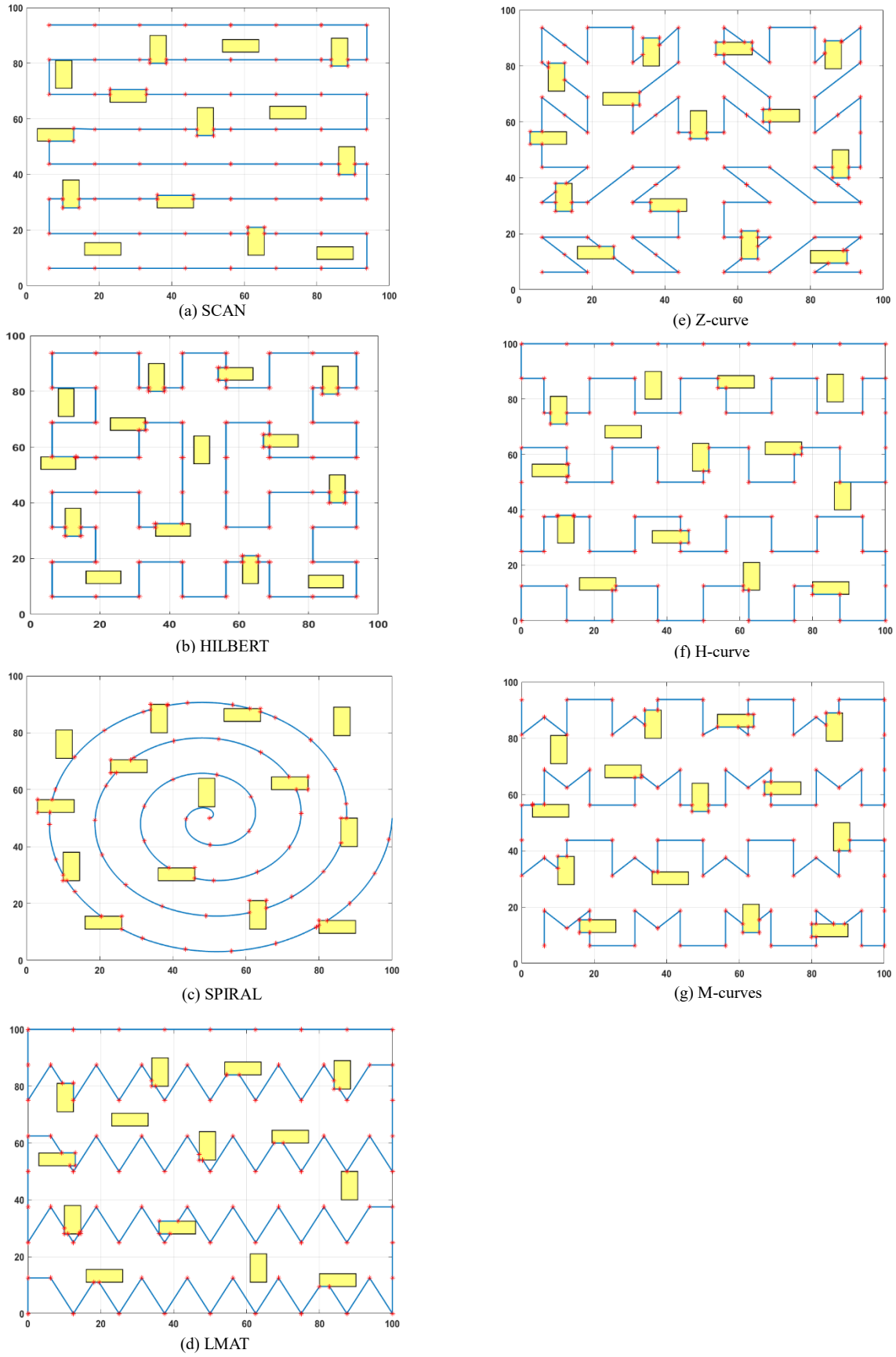


Fig. 4 The obstacle-handling trajectories of the path planning models

2.2. Localization Scheme

One of the most fundamental issues in examining the effectiveness of MANAL algorithms is the localization method used to find the locations of UNNs. The efficiency of any path planning model is affected by the type of localization technique. Moreover, since single-hop networks have higher performance than multi-hop networks, scenarios using the single-hop WCL localization technique are considered in this paper.

2.1. Weighted Centroid Localization (WCL)

It is a localization method where the locations of UNs are calculated according to the average of the coordinates received from the anchors. Communication consumption and computation cost are low. In the WCL method proposed in the study [19], a w_{ij} weight function was defined based on the RSSI value that varies according to the distance between the UNN and the AN to examine the effect of each $B_j(x, y)$ coordinate information received on the location estimation. w_{ij} can be calculated as:

$$w_{ij} = \frac{1}{(d_{ij})^g} \quad (1)$$

where g is a default degree for different situations. Thus, the node location can be formulated as follows (n indicates the number beacons received from the anchor):

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (w_{ij} \cdot B_j(x, y))}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (2)$$

After replacing w_{ij} by $RSSI_{ij}$, the final equation is obtained as:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (RSSI_{ij} \cdot B_j(x, y))}{\sum_{j=1}^n RSSI_{ij}} \quad (3)$$

3. Network Settings and Assumptions

The network model used in the path planning model proposed in this study is assumed to have the following features:

1. The UNN and MA are the two types of sensor nodes in the network. N number of UNNs are deployed randomly to the network with uniform distribution.
2. ROI is represented by a two-dimensional area, and a WSN with an $S \text{ m}^2$ area size has been established.
3. After the UNNs are distributed to the environment, and they don't know the location information at the first stage. It is assumed that all of these nodes are static, and their positions are unchanged.
4. The communication range (CR) of each sensor node in the network is fixed, and its value is CR m.
5. An MA has the ability to locate itself at any point in the network, and it can move freely in straight lines, depending on the mobile path planning model across the entire network.
6. The MA stops at certain intervals while moving.
7. The MA sends the location signals from their stopping points to UNNs within the CR. Both the MA and the UNN can communicate with each other only if both are in each other's CRs.
8. The distances from UNNs to MAs are estimated using the RSSI technique.

9. The MA has enough energy to move and also broadcast location information during the localization process. MA consumes more energy than any UNN.
10. The communication model is a channel by log-normal shadowing fading. Taking into account the radio signal propagation loss, we assume that unknown nodes can only receive the beacon packet in a circular region within a communication radius.
11. There is no collision between the MA and the UNNs. That is, MA doesn't go through any UNN.

3.1. Obstacle-Presence Scenario

There may be obstacles in the network area in a realistic environment, blocking the MA's path. In the obstacle-resistant trajectory developed in [20] and used in [17], MA detours the obstacle and issues a detour flag at the obstacle's corner points. A UNN uses these flag signals to determine its location. When the MA moves away from the obstacle, it returns to the original trajectory and starts broadcasting standard beacon messages. Since the path planning models discussed in this study are deterministic, the movement pattern and beacon positions for message broadcast are already known. Therefore, the MA can cross the obstacle's edge and continue the path planning pattern where it left off.

In this study, "obstacle-handling trajectory" detailed in [17], briefly mentioned above, is used for all path planning models in the case of obstacle-presence. In this study, this logic is applied to the static path planning models that are examined. In Fig. 5, the obstacle processing trajectory is applied to the H-curve model, one of these models.

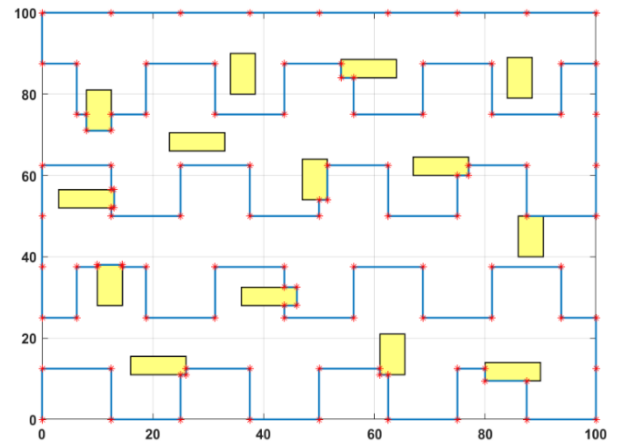


Fig. 5 H-curve in obstacle-handling trajectory

4. Performance Evaluations

In this study, the localization performances of seven models in obstacle-presence scenarios were compared. These studies are SCAN, HILBERT, SPIRAL, LMAT, Z-curve, H-curve, and M-curves studies.

4.1. Simulation Setup and Wireless Channel

A realistic wireless model is required to make a reliable assessment. The simulations of the Z-curve [17] take into account the channel model, modulation and coding scheme to extract the relationship between the transmit power and packet reception rate. Chipcon CC1000 radio module was used in the Z-curve study.

Similarly, the H-curve [9] is another study using realistic parameters. For the wireless model in the H-curve, the characteristics of a wireless node equipped with the Chipcon CC1100 radio module [19] were used. In this study, we also used the wireless channel model and parameters described in [17]. Explanations and specifications for this channel can be found in the following paragraphs. It should also be noted that all path planning models in this study are run under the same realistic channel conditions.

The strength of the signal emitted in the physical environment decreases due to wireless propagation. Therefore, path loss and bit error rate should be modeled for the analysis of the physical layer [21-22]. P_{rr} , packet reception ratio means the possibility of a packet being successfully received. It is expressed by the Bernoulli random variable that takes the value 1 if the packet is received and 0 if not. It is given by:

$$P_{rr} = (1 - P_{be})^{8l}(1 - P_{be})^{8(f-l)2.0} \quad (4)$$

where $f = 20$ byte is the size of the frame related to the TinyOS implementation after being encoded (the frame consists of preamble, network payload and CRC). The Manchester encoding method is used and P_{be} is the bit error probability which depends on the modulation type. Here, we chose non-coherent FSK modulation which is used in MICA2 motes and formulated by [21]:

$$P_{be} = \frac{1}{2}e^{-\frac{SNRB_N}{2R}} \quad (5)$$

where B_N is the noise bandwidth and R is the data rate in bits. MICA2 motes use the Chipcon CC1000 radio [23] where $R = 19.2$ kbps and $B_N = 30$ kHz. The signal to noise ratio (SNR) at the receiver is calculated by:

$$SNR^{dB} = P_{rec}^{dB} - P_n^{dB} \quad (6)$$

P_{rec} defines the reception power and P_n expresses the noise floor. P_n is both environmentally and radio dependent [24], and it is given by:

$$P_n = (F + 1)kT_0B_N, \quad (10)$$

where $F = 13$ dB is the noise figure and k is the Boltzmann's constant. $T_0 = 27^\circ$ C is the ambient temperature. In this study, the average noise floor is considered as approximately -105 dBm [21, 25]. On the other hand, P_{rec} is given as:

$$P_{rec}^{dB} = P_{trans}^{dB} - P_L^{dB}, \quad (11)$$

where P_L^{dB} and P_{trans}^{dB} are the power loss and transmitting power, respectively. To model the shadowing path loss effect, the log-normal model [24] used:

$$P_L(d)^{dB} = P_L(d_0)^{dB} + 10\gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma^{dB}, \quad (12)$$

where $P_L(d)^{dB}$ is the power loss after the signal propagates through distance d , $P_L(d_0)$ is the power loss at the reference distance d_0 , γ is the path loss exponent and $X_\sigma = N(0, \sigma^2)$ is a Gaussian random variable with mean 0 and standard deviation σ (shadowing effect).

In this study, the performances of different path planning models are evaluated in MATLAB simulation environment with 50 run times. It is assumed that there are $N = 250$ static UNNs in the ROI, a single MA (M) moving on given path, and the ROI is an area of $S = 100 \times 100$ m². The resolution value (R) is the ratio between the communication range (CR) and the MA step (d_x).

That is, the resolution is expressed in CR/d_x . Other parameters used in this study are listed in Table 1.

Table 1. Simulation Parameters

Parameters	Symbol	Value	Unit
Network size	S	100×100	m ²
Number of UNNs	N	250	-
Number of MAs	M	1	-
Resolutions	R	1, 1.5, 2, 2.5	-
Path loss exponent	γ	3.3	-
Standard deviation of noise	σ	3, 5, 7, 9	-
Power loss at d_0	$P_L(d_0)$	55	dB
Reference point	d_0	1	m
Transmission power	P_{trans}	$-20 < P_{trans} <$	dBm
Simulation run	-	50	

4.2. Accuracy

One of the most important criteria for evaluating any proposed model is the accuracy of localization. Therefore, this criterion is considered as the primary criterion used to compare different path planning models. Accuracy is related to localization error by the number of nodes. In this study, two methods are used to calculate the localization error of each model: the average localization error and the standard deviation of the localization error.

4.2.1. Average Localization Error

The average localization error is used to assess how accurate the estimated position obtained is. The ratio of the sum of the localization errors of all the localized UNNs in the ROI to the number of nodes determines the average error rate. The localization error for node i is calculated as follows:

$$error_{(i)} = \sqrt{(x_i - u_i)^2 + (y_i - v_i)^2} \quad (13)$$

(x_i, y_i) are the actual coordinates of the node discussed and (u_i, v_i) are the estimated coordinates of the same node. Therefore, $error_{avg}$ is given by the average localization error equation for the total N sensor nodes.

$$error_{avg} = (\sum_{i=1}^N error_{(i)})/N \quad (14)$$

As shown in Fig. 6, in most places, the H-curve path planning model showed the best error performance compared to other models. After this model, the best error result is obtained with the LMAT model. Although the error performance of other models is similar, the SPIRAL model is noticeably worse than other models. If we pay attention to the path trajectories of the H-curve and LMAT models in Fig. 4, it is observed that the MA passes through the whole ROI. In addition, beacons are broadcasted at the borders. This is why these models localize UNNs with less error. With the SPIRAL model, it is not possible to send messages to the entire ROI. Thus, a higher error rate is achieved.

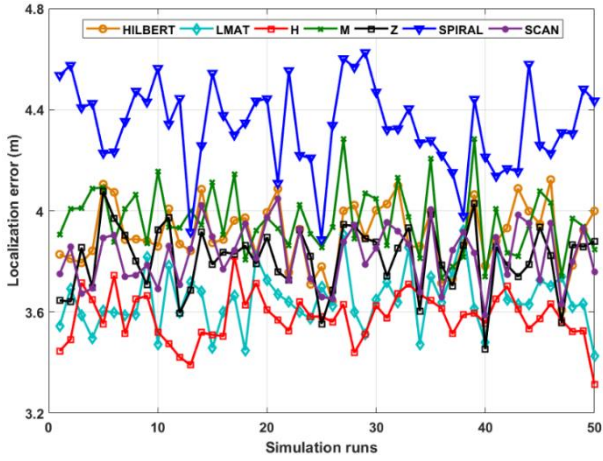


Fig. 6 Localization errors of all mobile path planning models

In this study, the average localization error variation with two variables given in Table 1 is also investigated separately: resolution (R) and standard deviation (std) of noise (σ). Firstly, 250 UNNs simulations with different resolutions ranging from 1 to 2.5 are performed. Fig. 7 shows the average localization error according to the resolution values for path models.

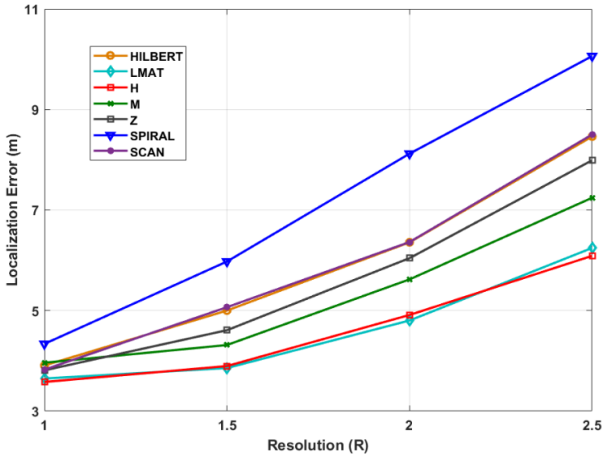


Fig. 7 Average localization errors of models by resolution

Fig. 7 shows a graph showing how the localization error varies according to the resolution. As seen from the figure, the H-curve and LMAT path planning models are superior to other models. The SPIRAL model, on the other hand, showed poor performance compared to other models due to its path design. Also, it can be said that as the resolution value increases for all models, the localization error also increases.

Secondly, in Fig. 8, the same parameters are repeated with different σ values for fixed resolution. Fig. 8 shows the average localization error for path planning models with different σ values when the WCL algorithm is applied. It is the model H-curve with the smallest localization error for all σ values. If the figure is examined carefully, it can be said that the error performance of most models changes little with changes in σ . The reason that the localization error does not vary much with σ is the characteristic of the WCL method that takes the weighted average of the beacon locations.

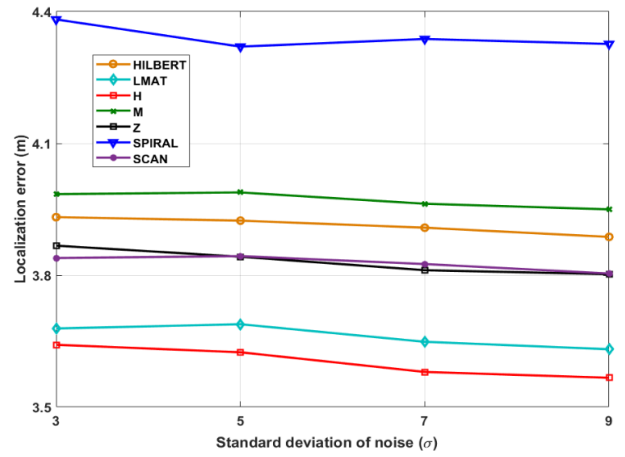


Fig. 8 Average localization errors of the models according to the std of the noise (R = 1)

4.2.2. Standard Deviation of the Localization Error

The low standard deviation of error values indicates that most of the values are close to the mean. The standard deviation of the localization error is:

$$error_{std} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (error_{(i)} - error_{(avg)})^2} \quad (15)$$

where N is the number of UNNs, $error_{(i)}$ is the localization error for node i , and $error_{(avg)}$ is the average localization error.

Fig. 9 shows the std of the localization error for each path planning model for WCL. For each simulation, $R = 1$ and $\sigma = 7$. As shown in Fig. 9, the std of the error performance of the H-curve path planning model for the WCL method is better than the other models. The LMAT model is similar to this model. The SPIRAL model is again the worst performing method in this scenario. This means that the errors obtained by the SPIRAL method are mostly far from the average.

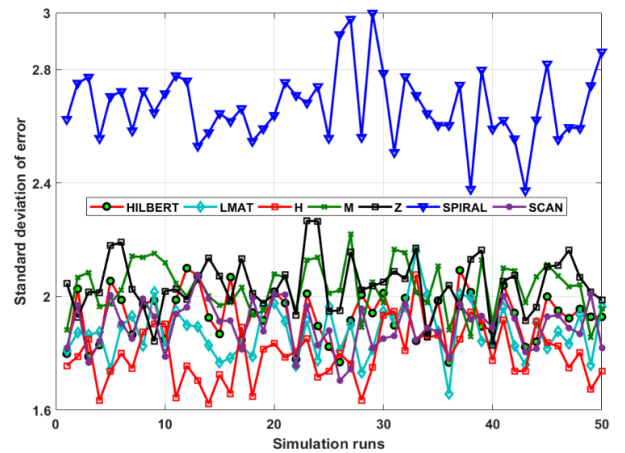


Fig. 9 Std of errors of all path planning models

The average of the 50 simulations is then calculated using different R values, as shown in Fig. 10. In Fig. 10, $\sigma = 7$ and R vary between 1 and 2.5. This figure shows the std of the localization error for different resolution values. When the performance of the models for the WCL method is evaluated, it can be said that the error performance of the models is slightly different from the average. As the resolution increases, the std of the models' error value increases compared to the previous

resolution. LMAT and H-curve models show the best std of error performance. According to the same evaluation criteria, the SPIRAL model again shows the worst result. Also, it is interesting to note that the SCAN and HILBERT models proposed in the same study give roughly the same performance at all resolutions according to this evaluation criterion.

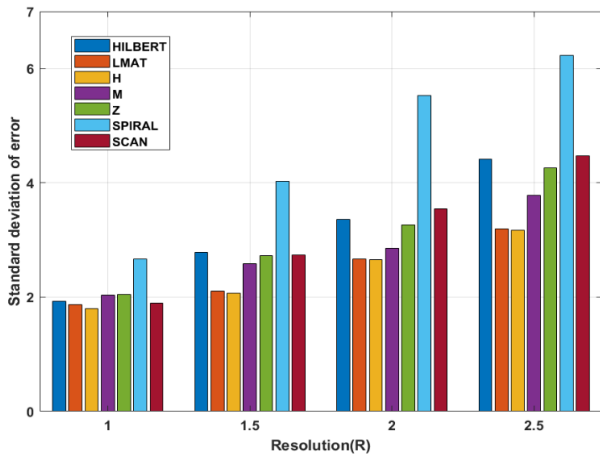


Fig. 10 Std of errors of the path planning models according to resolution ($\sigma = 7$)

4.3. Localization Ratio

Coverage or localization ratio indicates the number of nodes successfully localized by the number of UNN. As many localized nodes as possible are requested for each model implemented at the end of the localization process. In the scenario created in Fig. 11, localization ratio performances of models with different resolutions and constant $\sigma = 7$ for 250 UNNs are examined. If the localization ratio performances of the models are evaluated, it can be said that all models show high performance in general. However, the SPIRAL method demonstrated significantly lower localization ratio performance than other methods for $R < 2$. Generally, the reason for the high localization rate performance is that the localization technique used is WCL.

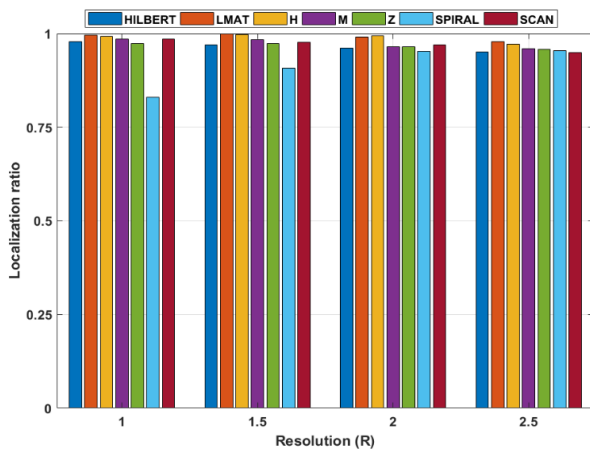


Fig. 11 Localization ratio of the path planning models by resolution ($\sigma = 7$)

4.3. Path Length

The path length is the length of the distance MA travels, following the proposed model as it moves through the network. Path length does not affect on the localization error, but it helps find parameters such as time and energy spent for the entire localization process. Mathematical equations of path length

designs are calculated according to two variables: S network size and dx the distance between both points. The following equations show the mathematical expressions of each static path planning model. Equations (16), (17), (19), (20), (21), (22), and (23) show the path length of SCAN, HILBERT, SPIRAL, LMAT, Z-curve, H-curve, and M-curves path planning models, respectively.

For example, if $dx = 12.5$ m, $S = 64$ (dx)² is obtained. However, as can be shown from Figure 4 and Figure 5, dx is not always 12.5 m in all models.

$$L_{SCAN} = \frac{S}{dx} - dx \tag{16}$$

$$L_{Hilbert} = \frac{S}{dx} \tag{17}$$

The trajectory of SPIRAL is calculated using the following equation:

The trajectory length of SPIRAL is calculated by:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + r \times t \times \cos(2\pi t) \\ y &= y_0 + r \times t \times \sin(2\pi t) \end{aligned} \tag{18}$$

$$L_{SPIRAL} = \sum_{t=1}^{\lfloor \frac{\sqrt{S}}{r} \rfloor} \sqrt{r^2 + 4r^2\pi^2 t^2 + 4r^2 t \sin 4\pi t} \tag{19}$$

$$L_{LMAT} = \frac{S}{dx} + 20dx \tag{20}$$

$$L_Z = \left[\left(\frac{5}{8} \times 4^3 \right) - 1 \right] dx + \left[\left(\frac{3}{8} \times 4^3 \right) \right] \times \sqrt{2} dx \tag{21}$$

$$L_H = \frac{S}{dx} + 18dx \tag{22}$$

$$L_M = \frac{109}{2} dx + 16\sqrt{2} dx \tag{23}$$

Fig. 12 shows the path lengths of the path planning models for the obstacle-presence scenario. The SPIRAL model is the model that travels the shortest distance with 652.21 m. HILBERT takes a little longer with a travel distance of approximately 833 m. But, these models suffer from the coverage problem. The LMAT and H-curve travel longer distances than other models. However, according to most evaluation criteria, these models give better results than other models. These results show that when path length and other performance criteria are evaluated together, H-curve and LMAT static path planning models are the optimum models that can be used in obstacle-presence scenarios.

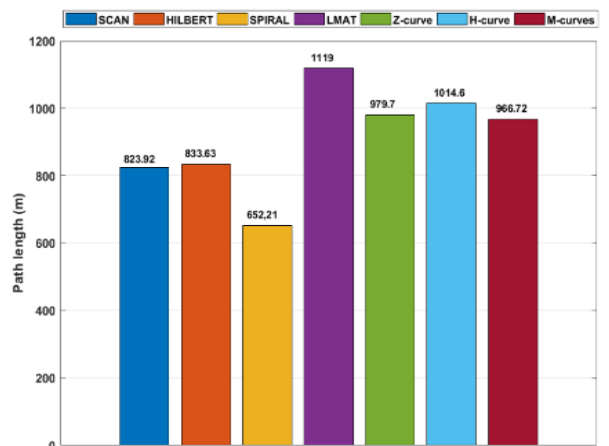


Fig. 12 The path length for the different mobility models in obstacle-presence scenario

5. Conclusions and Future Work

In this study, the localization performances of SCAN, HILBERT, SPIRAL, LMAT, Z-curve, H-curve, and M-curve path planning models are compared with different performance evaluation criteria using the WCL technique in the obstacle-presence scenario. According to these performance criteria, the H-curve model, followed by the LMAT model, showed the best performance. On the other hand, the worst performance was generally achieved with SPIRAL path planning. The reason for poor performance in this model is that the broadcast signals cannot cover the ROI due to the MA trajectory. The same problem exists in SCAN and HILBERT.

Our future research topics in MANAL will likely be as follows:

- i. Another of our future studies will be to compare the energy consumption and energy efficiency of static path planning models in the literature.
- ii. Observing the performance of the models in irregular obstacle-presence areas. To design a suitable dynamic path planning model for such areas.
- iii. Using only one anchor, MANAL algorithms can take a long time to find all UNNs in an ROI, especially for large-scale WSNs. Therefore, the collaborative MANAL algorithm using several MAs can be designed to reduce localization time and improve localization accuracy.

References

- [1] Puccinelli, D., & Haenggi, M. (2005). Wireless sensor networks: applications and challenges of ubiquitous sensing. *IEEE Circuits and systems magazine*, 5(3), 19-31.
- [2] Mao, G., Fidan, B., & Anderson, B. D. (2007). Wireless sensor network localization techniques. *Computer networks*, 51(10), 2529-2553.
- [3] Cheng, L., Wu, C., Zhang, Y., Wu, H., Li, M., & Maple, C. (2012). A survey of localization in wireless sensor network. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 8(12), 962523.
- [4] Singh, S. P., & Sharma, S. C. (2015). Range free localization techniques in wireless sensor networks: A review. *Procedia Computer Science*, 57, 7-16.
- [5] Yildiz, D., Karagol, S., & Ozgonenel, O. (2017, April). A hyperbolic location algorithm for various distributions of a Wireless Sensor Network. In *2017 5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG)* (pp. 75-79). IEEE.
- [6] Mondal, K., Karmakar, A., & Mandal, P. S. (2016). Path planning algorithms for mobile anchors towards range-free localization. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 97, 35-46.
- [7] He, T., Huang, C., Blum, B. M., Stankovic, J. A., & Abdelzaher, T. (2003, September). Range-free localization schemes for large scale sensor networks. In *Proceedings of the 9th annual international conference on Mobile computing and networking* (pp. 81-95).
- [8] Han, G., Jiang, J., Zhang, C., Duong, T. Q., Guizani, M., & Karagiannis, G. K. (2016). A survey on mobile anchor node assisted localization in wireless sensor networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 2220-2243.
- [9] Alomari, A., Comeau, F., Phillips, W., & Aslam, N. (2018). New path planning model for mobile anchor-assisted localization in wireless sensor networks. *Wireless Networks*, 24(7), 2589-2607.
- [10] Koutsonikolas, D., Das, S. M., & Hu, Y. C. (2007). Path planning of mobile landmarks for localization in wireless sensor networks. *Computer Communications*, 30(13), 2577-2592.
- [11] Han, G., Xu, H., Duong, T. Q., Jiang, J., & Hara, T. (2013). Localization algorithms of wireless sensor networks: a survey. *Telecommunication Systems*, 52(4), 2419-2436.
- [12] Han, G., Zhang, C., Lloret, J., Shu, L., & Rodrigues, J. J. (2014). A mobile anchor assisted localization algorithm based on regular hexagon in wireless sensor networks. *The Scientific World Journal*, 2014.
- [13] Johnson, D. B., & Maltz, D. A. (1996). Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. In *Mobile computing* (pp. 153-181). Springer, Boston, MA.
- [14] Han, G., Chao, J., Zhang, C., Shu, L., & Li, Q. (2014). The impacts of mobility models on DV-hop based localization in mobile wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 42, 70-79.
- [15] Hu, Z., Gu, D., Song, Z., & Li, H. (2008, July). Localization in wireless sensor networks using a mobile anchor node. In *2008 IEEE/ASME international conference on advanced intelligent mechatronics* (pp. 602-607). IEEE.
- [16] Han, G., Xu, H., Jiang, J., Shu, L., Hara, T., & Nishio, S. (2013). Path planning using a mobile anchor node based on trilateration in wireless sensor networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 13(14), 1324-1336.
- [17] Rezazadeh, J., Moradi, M., Ismail, A. S., & Dutkiewicz, E. (2014). Superior path planning mechanism for mobile beacon-assisted localization in wireless sensor networks. *IEEE Sensors Journal*, 14(9), 3052-3064.
- [18] Kannadasan, K., Edla, D. R., Kongara, M. C., & Kuppili, V. (2019). M-curves path planning model for mobile anchor node and localization of sensor nodes using dolphin swarm algorithm. *Wireless Networks*, 1-15.
- [19] Blumenthal, J., Grossmann, R., Golasowski, F., & Timmermann, D. (2007, October). Weighted centroid localization in zigbee-based sensor networks. In *2007 IEEE international symposium on intelligent signal processing* (pp. 1-6). IEEE.
- [20] Ou, C. H., & He, W. L. (2012). Path planning algorithm for mobile anchor-based localization in wireless sensor networks. *IEEE Sensors Journal*, 13(2), 466-475.
- [21] Zamalloa, M. Z., & Krishnamachari, B. (2007). An analysis of unreliability and asymmetry in low-power wireless links. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 3(2), 7-es.
- [22] Dezfouli, B., Radi, M., Abd Razak, S., Hwee-Pink, T., & Bakar, K. A. (2015). Modeling low-power wireless communications. *Journal of Network and Computer Applications*, 51, 102-126.
- [23] Chipcon, Dallas, TX, USA. CC1000 Low Power Radio Transceiver [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/CC1000> Accessed 11 June 2020.
- [24] Rappaport, T. S. (1996). *Wireless communications: principles and practice* (Vol. 2). New Jersey: prentice hall PTR.
- [25] Srinivasan, K., Dutta, P., Tavakoli, A., & Levis, P. (2010). An empirical study of low-power wireless. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 6(2), 1-49.



The Effect of the Wireless Power Transfer for Electric Vehicles on State of Charge

Fatih Durmus^{1*}, Serap Karagol²

^{1*,2} Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1488-4981), fatih.durmus@omu.edu.tr, (ORCID: 0000-0002-5750-1143), serap.karagol@omu.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960364)

ATIF/REFERENCE: Durmuş, F., Karagol, S. (2021). The Effect of the Wireless Power Transfer for Electric Vehicles on State of Charge. *European Journal of Science and Technology*, (26), 447-455.

Abstract

Built-in batteries limit electric vehicles in terms of the vehicle's final destination and battery recharge time. This study investigated the battery charge status of electric vehicles charged with wireless power transfer (WPT) systems. The adequacy and impact of these systems will be seen according to the battery charge status because the battery charge status is directly related to the range of the vehicle. A simple battery model and a vehicle model based on power consumption were used in the simulation to measure the effect of wireless charging on battery status. These two models are vehicle and battery models in the Mathworks library. Two different situations are simulated namely urban and highway driving cycles. Different power levels have been observed to affect the battery charge status. It is possible to have an unlimited vehicle range at medium power levels in urban driving. The charge transferred to the batteries at the stopping points of the vehicles and the charge consumed during the cycle at power levels of 20 kilowatts are at the same level as the amount charged by this system. It has been found that wireless power transfer at medium power levels is sufficient to get rid of the charging problem. On highways, an approach can be created to achieve unlimited range by increasing the coverage area. As a result, wireless energy transfer will significantly reduce the dependency on high-capacity batteries and reduce the battery charging times to the shortest time, reducing electric vehicle costs and eliminating range anxiety.

Keywords: Electric Vehicles, Driving Range, Wireless Power Transfer.

Elektrikli Araçlarda Kablosuz Enerji Transferinin Batarya Şarj Durumuna Etkisi

Öz

Yerleşik piller, elektrikli araçları sürüş menzili ve şarj süresi açısından sınırlar. Bu çalışmada, kablosuz enerji transferi (KET) sistemleri ile şarj edilen elektrikli araçların batarya şarj durumları incelenmiştir. Batarya şarj durumlarına göre bu sistemlerin yeterliliği ve etkisi görülecektir, çünkü batarya şarj durumu aracın menzili ile doğrudan ilgilidir. Kablosuz şarjın pil durumuna etkisini ölçmek amacıyla yapılan simülasyonda güç tüketimini esas alan araç modeli ile basit bir pil modeli kullanıldı. Bu iki model de Mathworks kütüphanesinde bulunan araç ve batarya modelleridir. Şehir içi ve otoyol sürüş döngüleri olmak üzere iki farklı durumun benzetimi yapılmıştır. Farklı güç seviyelerinin batarya şarj durumuna etkisi gözlenmiştir. Şehir içi sürüşlerinde araç menziline sınırsız olması orta seviye güçlerde mümkündür. Araçların durma noktalarında bataryalara aktarılan şarj ile 20 kilowattlık güç seviyelerinde döngü boyunca tüketilen şarjın bu sistem tarafından şarj edilme miktarı ile aynı seviyelerdedir. Şarj etme sorunundan kurtulmak için orta güç seviyelerindeki kablosuz güç transferinin yeterli olduğu anlaşılmıştır. Otoyollarda ise kapsama alanı artırılarak sınırsız menzil elde etmek üzere bir yaklaşım oluşturulabilir. Sonuç olarak kablosuz enerji transferi yüksek kapasiteli bataryalara olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltacak ve batarya şarj sürelerini en kısa süreye indirerek hem elektrikli araç maliyetlerini azaltacak hem de menzil kaygısını ortadan kaldıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç, Sürüş Menzili, Kablosuz Enerji Transferi.

* Corresponding Author: fatih.durmus@omu.edu.tr

1. Introduction

With the excessive use of fossil resources to generate energy, air pollution and global warming have increased. In addition, the possibility of the exhaustion of these resources has started to occur. Therefore, it is inevitable that the production costs of the energy obtained in this way will increase. For these reasons, studies have been initiated to reduce the use of these fossil fuels and the trend towards renewable energy sources in energy production. This orientation is experienced in transportation and transportation as in every field. Especially the number of vehicles increasing year by year increased the amount of harmful greenhouse gases emitted to the environment. This situation is one of the main factors leading to global warming. Therefore, the production of zero-emission vehicles in automobiles, buses, and heavy goods vehicles has become necessary to minimize this effect.

The production of Electric Vehicles (EV) and researches conducted for this purpose have gained momentum in recent years (Ehsani et al., 2007; Gysen et al., 2009; Honda, 2015; Koehn & Eckrich, 2004; Yong et al., 2015). The trend towards electric vehicles should increase and the use of vehicles using fossil fuels should decrease for a zero-emission and clean environment. It is important that electric vehicles can compete with vehicles that use oil in terms of cost. The biggest obstacle in this matter is the energy storage problem. It is undeniable that the more the storage problem is overcome, the more widespread it will become (Sellali et al., 2019). To this end, in recent years, a policy of developing EV technology and using EV use widely has been actively implemented in many countries to reduce the current fossil fuel consumption of vehicles and, therefore, harmful gas emissions from vehicles.

In addition to all these developments, the biggest obstacle to the widespread use of EVs is high-capacity batteries. Causes are low energy density, limited battery life, and costs. Lithium-ion (Li-ion) batteries are seen to be the most suitable type of battery to be used in electric vehicles (Gerssen-Gondelach & Faaij, 2012). The energy density of Li-ion batteries is 90-100 Wh/kg (Etacheri et al., 2011). Compared to gasoline, this energy density remains very low because the energy density of gasoline is 12000 Wh/kg. The energy cost of a Li-ion battery is \$500/kWh. In addition, there is \$1000/year more maintenance cost than gasoline vehicles (Gerssen-Gondelach and Faaij, 2012).

Besides the cost, the long charging time of EV batteries is one of the situations that most drivers cannot accept. There are charging times ranging from 1.5 hours to several hours for just one charge. This can be dozens of times the time it takes to refuel a gasoline or diesel vehicle. Therefore, EV users charge with cable by plugging their vehicles into the socket in every space they find to prevent this period. This solution also causes difficult situations for vehicle owners in some cases. For example, forgetting the vehicle on charge; reduces the battery life. Physical and electrical injuries may be exposed by connecting to high current cables. In addition, if these cables are left outside, there is a possibility that they may be affected by natural events such as wind, rain, and frost (Li & Mi, 2014).

Overcoming these problems is only possible with wireless power transfer (WPT) technology. Research has shown that

WPT is possible through the transmission of electromagnetic energy. This solution can be provided in the desired power range and high efficiency to charge EVs when high-quality WPT designs are developed (Bosshard et al., 2016; Klontz et al., 1993; Mecke & Rathge, 2004; Mohamed et al., 2019).

WPT systems for EV are categorized as static (SWPT), semi-dynamic (SDWPT) or dynamic charging systems (DWPT). SWPT systems require a go-to station, like plug-in chargers available. But it provides the advantages of WPT systems. A built-in receiver pad and an external charging pad on the pavement replace the conductive charging system. SDWPT systems can be installed at traffic lights as well as bus and taxi stands to provide short-term charging while accelerating and slowing down in a dynamic environment. DWPT systems allow battery charging while vehicles are in motion, thus increasing driving distance. Depending on the level of power, it becomes a solution to "range anxiety" (Chopra & Bauer, 2011). WPT reduces the initial investment in a new EV. Because, thanks to WPT systems, it has been reported that the battery capacity can be reduced by up to 20% as the energy requirement is reduced (Li & Mi, 2014). Therefore, WPT is very attractive to EVs and can help increase EV purchasing.

Even though the market demand was huge, people were just wondering if WPT could be realized efficiently at a reasonable cost. An article was published by the MIT research team in which 60 W power was transferred from a distance of 2m with the magnetic resonance theory strongly coupled with 40% efficiency (Course et al., 2007). If the radiation is omnidirectional, the power transmission efficiency is very low, and unidirectional radiation requires an uninterrupted line of sight and advanced tracking mechanisms. The resonant frequency is usually selected at the MHz level and assumed to be air-core coils to transfer power more efficiently and more efficiently.

Recently, as electric vehicle charging is needed and also as technology advances, the power transmission distance has increased from a few millimeters to several hundred millimeters at the kilowatt power level (Covic and Boys, 2013; Eghtesadi, 1990; Lukic and Pantic, 2013; Moradewicz and Kazmierkowski, 2010; Musavi et al., 2012; Nagatsuka et al., 2010; Sallán et al., 2009; Villa et al., 2009). Partners for Advance Transit and Highways (PATH) program was launched in the 1970s. A bus with 35 passengers was tested along a 213 m track. The track has two power sections. In addition, the system is designed for 60 kW power transfer. The bipolar primary line was supplied with 1200 A, 400 Hz AC. The receiver was 7.6 cm from the primary piece. The efficiency achieved was around 60%.

Over the past fifteen years, researchers at the University of Auckland have focused on the inductive power supply of moving objects. Their recent success in designing pads for stable charging of EV is striking. A 766mm × 578mm pad that provides 5 kW of power with an efficiency of over 90% for distances of about 200mm has been reported (Budhia et al., 2011; Wu et al., 2012). The resulting lateral and longitudinal misalignment tolerance is 250 and 150 mm, respectively. Information from the online electric vehicle (OLEV) project at the Korea Institute of Advanced Science and Technology (KAIST) also contributes to the WPT design. Three generations of OLEV systems have been built: a light golf cart

for the first generation, a bus for the second, and an SUV for the third. The success of the second and the third is remarkable: 70% efficiency at 60 kW power for buses, 83% efficiency at 20 kW for SUVs. This performance has been achieved with a misalignment tolerance of up to 160 mm in the vertical distance and up to 200 mm in the lateral distance (Huh et al., 2011; Lee et al., 2010). In the United States, more and more attention has been drawn to WPT since the publication of the 2007 Science document (Kurs et al., 2007). WiTricity Corporation with MIT technology launched the WiT-3300 development kit, which provides 90% efficiency in a 180 mm range at 3.3 kW output.

Recently, a wireless charging system prototype for EV was developed at Oak Ridge National Laboratory (ORNL) in the USA. Tested efficiency is about 90% for 3 kW power distribution (Ning et al., 2013). Research conducted in Michigan University-Dearborn obtained a 200 mm distance, 8 kW WPT system with a dc-dc efficiency of up to 95.7% (Nguyen et al., 2014). From a functional point of view, it can be seen that WPT for EV is readily available in both fixed and dynamic applications. However, many issues need to be developed and spent on performance optimization, establishing industrial standards and making it more cost-effective to become commercially widespread.

This paper starts with the basic WPT theory, and then gives a brief overview of the main parts in a WPT system. The electric vehicle model and battery model are introduced in section 2. Different scenarios such as semi-dynamic wireless energy Transfer and dynamic wireless power transfer for an electric vehicle are shown in section 3. Lastly, the final section presents the conclusions and plans for future work

2. Material and Method

2.1. Wireless Power Transfer System for Electric Vehicles

WPT for electric vehicles consists of two systems, transmitter and receiver. The assembly in the vehicle is the transmitter and receiver assembly and is placed on the vehicle chassis. The transmitter assembly is placed on the pavement of the road or in the parking space. A large air gap separates both subsystems. The general diagram of the wireless power transfer system is given in Figure 1. Thanks to the energy distribution system, low-frequency AC power is supplied to the system. DC power is obtained with the help of rectifiers. A high-frequency current to the coils is required for magnetic power transfer. Therefore, DC power is applied as an input to high-frequency converters, resulting in high-frequency current. The operating frequency is determined in the resonant circuit. This circuit has a primary compensation network and a primary conduction coil. With the receiving coil, power is taken from the high-frequency magnetic field. After the induced current passes through the secondary compensation network, it is converted to dc power by rectifiers. In the last step, the battery is charged with DC current (Machura et al., 2020).

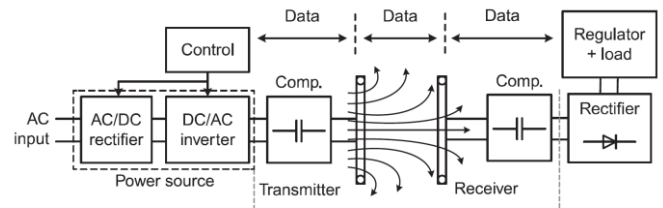


Figure 1. Wireless Power Transfer System

As is known, the value of the leakage inductance must be minimized to have high efficiency in transformers. Minimizing the leakage inductance means that the magnetic flux reaches the secondary side from the primary side to the highest value. The most increased magnetic flux is possible with the highest coupling factor of the windings on the primary and secondary sides. Today, the coupling factor of high-efficiency transformers can reach 99% values. However, the coupling factor of the windings used in the WPT system is very low. The issue of increasing the coupling factor that directly affects the efficiency of WPT is still being studied. In these studies, the design of the windings is especially emphasized. Resonance is what makes it possible to apply WPT at high efficiency despite the very small coupling factor. In addition to the windings, capacitors that will resonate with the windings at the operating frequency are added to the circuit. Thanks to these resonance capacitors, the reactive power in the circuit is eliminated, and WPT with high efficiency and power can be achieved.

In SWPT and SDWPT systems, power supplies can energize one or more transmit coils. The coils in the transmitter system can be of different structure. These are generally circular, rectangular and double D-shaped (Bosshard et al., 2016). Coppers are mostly used conductors in coils. However, new materials with high conductivity have been investigated for their positive properties (Do Chung et al., 2014; Sedwick, 2010). Each vehicle uses only one transmit coil.

Different options are available in DWPT systems. Many separate transmitters can be used, similar to the transmit pads in the SWPT system. In addition, a single long transmitter system can also be used (Kissin et al., 2009). Both systems have pros and cons relative to each other. Using a long transmitter provides ease of control. Because the number of system components is small. In this system, the transmitter produces a constant power output and current when the receiving system approaches the ground system. Also, because the coil is powered from a single power source, the component ratios must be high. Therefore, the costs increase. In the event of a malfunction, the entire system must be shut down. During partial load transfer on a single transmitter rail, the entire rail is always energized. The connection between the transmitter and receiver is low because the size difference is high. As a result, productivity also decreases. The coupling between coils in a WPT system can change as the size difference of the coils changes. Because the magnetic flux connection changes as the size difference changes (Deng et al., 2015; Lin et al., 2015; Miller & Daga, 2015).

Electromagnetic field radiation can be a problem for WPTs. This radiation can occur due to unused parts. It must be suppressed or protected to prevent contact with living materials and limit human exposure (Lin, 2006; Protection, 2009).

The use of multi-emitter chargers increases the number of required components. These are power supplies, high frequency inverters and necessary connections (Fujita et al., 2017). Thanks to the large number of transmitters, a problem in one section will not affect the operation of other sections. In addition, it is clear that the system reliability is high since this fault can also be eliminated through redundancy. By connecting more than one transmitter to a charging coil unit, the number of components can be reduced (Chen et al., 2014). Since the vehicle will emit a magnetic field only when it passes over it, electromagnetic radiation leaking from other parts is prevented and leakage is minimized. Disadvantages of multi-transmitter are high cost and control complexity to improve transfer efficiency and reduce power fluctuations.

The distance between the charging coils significantly affects the system performance. Therefore, the distance between the charging coil units should be optimized (Buja et al., 2016). Too small of a gap can create a connection between the transmitter pads. This creates a negative current voltage which causes the number of charge coil units to increase. Increasing the distance between the coils is also not a solution because interruptions in power transmission can cause adverse effects on the grid network.

2.2. Simulation Model

While simulating, State of Charge was observed using a vehicle model, battery model of this vehicle, and scenarios where WPT can be applied. With particular emphasis on SDWPT and DWPT systems, although a moving vehicle consumes the battery, the range change depending on the state of charge of the battery with WPT has been interpreted. "The electric vehicle reference application" in the Mathworks library was used for simulation. This model represents a completely electric vehicle model with a motor-generator, battery, direct transmission, and associated powertrain control algorithms. This design is often used for powertrain matching analysis and component selection, control and diagnostic algorithm design, and in-loop hardware testing. In this study, the effect of wireless charging situations of the battery in different scenarios on the overall charge of the battery was examined.

2.2.1. Electric Vehicle Model

The amount of range of an EV depends on internal and external factors. The capacity of the battery system, the drive factor and other ancillary components constitute internal factors, while external conditions include temperature, terrain and weather. The vehicle model used to determine the power drawn from the battery is force-based (Mi and Masrur, 2017). Thanks to this model, the effect of general external forces resisting the vehicle's movement on the behavior of the system can be easily observed. The forces acting on the vehicle are solved in two dimensions.

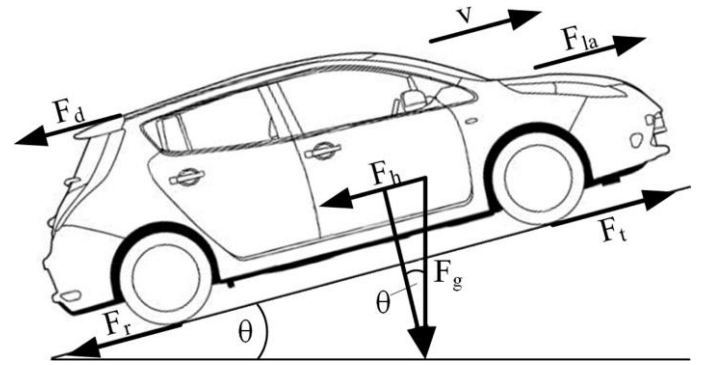


Figure 2. Forces Acting on the Vehicle (Machura et al., 2020)

The effect of forces on the vehicle is shown in Figure 2. When calculating the load, all forces are multiplied by the velocity. P_r , which is the interaction between the tires and the road surface, is the rolling resistance of the tire and is calculated using Equation (1). The type of tire used in the vehicle affects the load as it will change the rolling resistance. The load due to the interaction between the air volume and the vehicle chassis is called aerodynamic drag and is denoted P_d . It depends on the shape of the vehicle and the amount of frontal space. It can be calculated using Equation (2). The load originating from the weight of the vehicle and affected by the slope of the road is P_h and is determined by Equation (3). The load resulting from the linear acceleration of the vehicle is denoted by P_{la} and calculated using Equation (4). The use of electronic and mechanical power, such as interior heating, cooling and ventilation, also affects the vehicle as a load. This total load is denoted by P_{aux} . The sum of all loads calculated by Equation (5), P_t , gives the Equation of the required load for the movement of the vehicle.

$$P_r = F_r r * |v| = \mu_{rr} mg \cos \theta * |v| \quad (1)$$

$$P_d = F_d * |v| = C_d \rho A |v|^3 \quad (2)$$

$$P_h = F_h * |v| = mg \sin \theta * |v| \quad (3)$$

$$P_{la} = F_{la} * |v| = ma * |v| \quad (4)$$

$$P_t = F_t * v = (F_r + F_d + F_h + F_{la}) * |v| + P_{aux} \quad (5)$$

In this study, a rigid car body model with three degrees of freedom (3DOF) was used. The fixed tool body was designed by Mathworks. This model is a model with configurable axle stiffness to calculate the longitudinal, vertical and pitch motion of the vehicle. Inputs such as the mass of the vehicle, aerodynamic drag, road slope, weight distribution between the axles depending on the acceleration and road profile are available in the vehicle model block. The parameters of the model are given in Table 1.

Table 1. Vehicle model parameters

Parameters	Values
Mass (m) [kg]	1200
Front area (A) [m ²]	2
Coefficient of drag (C _d)	0.3
Coefficient of rolling (C _r)	0.1
Air density (ρ) [kg/m ³]	1.293

According to the standards specified in SAE J2954, WPT efficiency for power levels up to 11 kW should be at least 85%

without any displacement and 80% with lateral alignment (Schneider, 2016). Therefore, for SDWPT systems, the efficiency is set to 85% because the misalignment between the transmit and receive coils is close to zero. Also, maximum power is transferred as soon as the WPT coils overlap. Different amounts of power can be used for power transmissions. However, designs up to 50 kW are being studied for light-duty vehicles (Bosshard et al., 2016).

2.2.2. Battery Model

The vehicle model allows to measure the loads on the vehicle and the powertrain. The electrical power that moves the vehicle is provided by the battery connected to the driveline. The power transmission scheme of this vehicle model is also given in Figure 3.

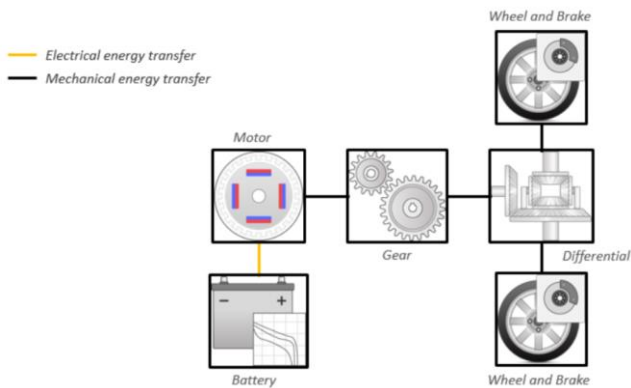


Figure 3. Power Transmission Diagram of Vehicle Model

Various parameters such as capacity, state of charge, temperature, health status, and age can affect a battery’s performance. Therefore, there are various models that are used for different purposes. Electrochemical models and electrical models are a few of these models. (Gu et al., 2016; Hariharan et al., 2017; Lotfi et al., 2016; Zheng et al., 2018).

Mathematical models (Rong & Pedram, 2006; Wang et al., 2016) show system behavior, but they do not seem practical. Instead, electric models are used to model batteries with alternative systems. Equivalent electrical circuits in these models include resistors and capacitors. (Chen and Rincon-Mora, 2006; Tremblay and Dessaint, 2009). Electric models are extremely low complexity and easy to implement in circuit simulators. They are often used to estimate battery state of charge (SoC).

While evaluating the effectiveness of the WPT system, the SoC level is examined. Therefore, the electrical model of the battery is required. The SoC of the battery depends on the open circuit voltage and internal resistance, and this feature is provided by the battery model. Figure 4 shows the electrical equivalent battery model used. The model is a combination of a Thevenin-based model and a runtime-based model. Compared to the simplest equivalent battery model containing a single resistor and capacitor, the Model uses two resistor-capacitor pairs. Although it is more complex than a single resistor and capacitor, its accuracy is higher (Chen & Rincon-Mora, 2006). It also becomes possible to examine the transient response. With Equation (5), the power that moves the vehicle is calculated and the power drawn from the charging coil is determined.

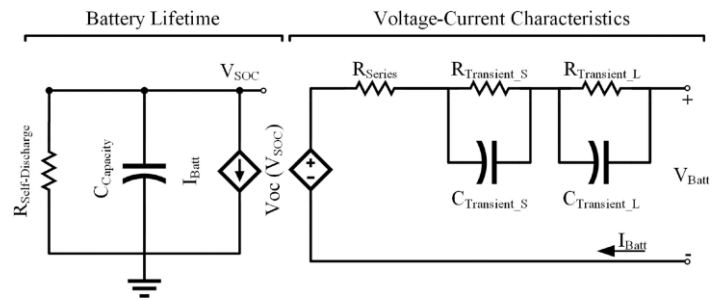


Figure 4. Model of the Electrical Battery (Rong & Pedram, 2006)

The charge cycle is the most important factor affecting battery life. A cycle is defined as the initial discharge of the battery from 100% to 0% and then recharge to 100%. In order to extend the battery life, the available battery types are limited. The cycle ranges from 80% to 20%, with a 20% margin of safety at both ends of the discharge-charge cycle. Generally, as the number of cycles increases, the usable capacity decreases linearly (Beard, 2019).

In this study, the battery block in the Mathworks library was used. This block is shown in Figure 5. Here, according to the drawn or incoming current and temperature condition, the model SoC and the voltage state of the battery are learned. The battery state of charge (SoC) is calculated by Equation (6).

$$SoC = SoC(0) - \frac{1}{C_n \int_{t_0}^t Idt} \tag{6}$$

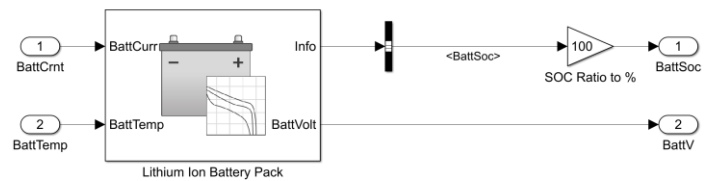


Figure 5. Battery Block

3. Results and Discussion

The way to measure the effect of WPT on the electric vehicle battery is to observe the conditions of the vehicle during motion. The charge level of the battery and its ability to be charged with WPT can be easily affected by factors such as the instant speed of the vehicle, weather, and road conditions. Therefore, simulation can only be possible by accessing the speed graph, environmental information, weather, and road information of the vehicle along a route. With the help of the simulation carried out by having this information, it was investigated at what power wireless charging WPT would enable unlimited range. In this study, wireless charging on the road was applied in two different environments. The first scenario is when the state of charge is monitored to be charged at traffic lights where vehicles usually stop. This scenario will show the advantages of a system called SDWPT, essentially similar in structure to SWPT. In the second scenario, only dynamic wireless charging is used to transfer power to the battery system. In this scenario, the effect of WPTs of different powers on the charge status will be monitored in proportionally certain parts of the road.

Certain driving cycles were used to see the effect of wireless charging on the battery state of charge. These cycles are used by automobile manufacturers to demonstrate product

compliance with emission restrictions. In addition, such cycles are used to determine vehicle performance. Two different driving cycles were used in the study. These are the Urban Dynamometer Driving Program (UDDS) and the Highway Fuel Economy Test (HWFET). Information on driving cycles is shown in Table 2.

Table 2. Information on Driving Cycles

Parameters	UDDS	HWFET
Total time [s]	1369	765
Total distance [m]	11 997	16 503
Average speed [km/h]	31.6	77.7
Maximum speed [km/h]	91.2	96.3
Standing time [s]	189	0
Number of stops	14	0
Average stop time	13.5	0

Driving cycles are applied to the vehicle model. Depending on the vehicle parameters, the power drawn from the battery and the auxiliary power consumption are determined. Both outputs are transferred to the battery model to determine the charge used and calculate the SoC. Figure 6 shows the general layout of the model.

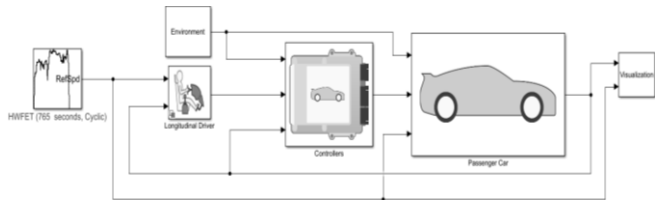


Figure 6. The general layout of the model

3.1. Semi-Dynamic Wireless Energy Transfer

In the first scenario, EV, a semi-dynamic wireless charging system is suitable because the number of stops of the vehicles in general use in the city is high. In addition, their average speed is low. This requires fixed wireless charging systems that can only be placed at traffic lights or intersections.

The UDDS, depicted in Figure 7, represents urban driving. It has an average speed of 31.6 km/hour. As shown in the graph, there are many moments when the speed drops to 0 km/h. These speeds indicate the points where it stopped, which was determined to stop 14 times in total.

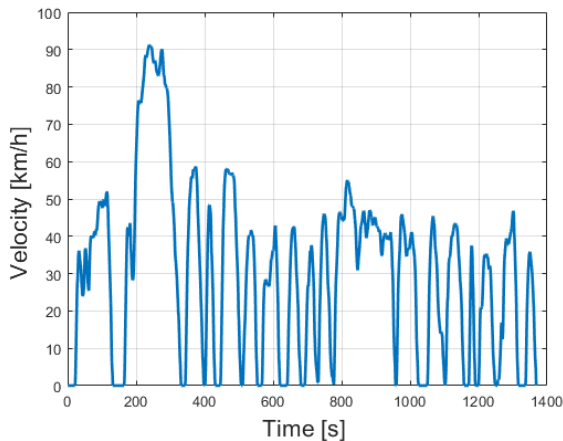


Figure 7. Urban (UDDS) cycle Velocity / Time graph

If the vehicle whose battery status starts with a full charge, i.e. 80%, is not charged at all, a decrease of 5.59% is observed in this cycle, decreasing to 74.41%. As stated in the introduction, the amount of power transferred in wireless energy transfer has increased to around 50 kW. Therefore, when applying the scenarios, the highest power was determined as 50 kW. Wireless charging powers were applied at 10 kW intervals. The currents and voltages required for this are given in Table 3. Taking into account that the battery voltage is 380 Volts, the current values have been calculated. According to SAE J2954 standards, the efficiency should be 85% in the absence of any misalignment. Efficiency has been chosen as 85% for this charge to be made when the vehicles are stopped.

Table 3. Power and applied currents for UDDS cycle

Power [kW]	Current [A]	Current [A] with 85% efficiency
10	26.31	22.36
20	52.63	44.73
30	78.95	67.11
40	105.26	89.47
50	131.57	111.84

The determined currents were provided to charge the battery model by giving negative current in the vehicle stopping times ($V=0$ m/s). 0 kW is the state of charge when the vehicle does not have wireless power transfer. A regenerative braking system is used in this vehicle model, which recharges the battery when braking. Therefore, despite the absence of WPT, the battery has been charged slightly when the vehicle slows down. However, the effect of this system on the general condition of the battery is limited as can be seen in the graphic in Figure 8. Again, as seen from the graph, WPTs with 10 kW and 20 kW power have brought the battery charge to 76.69% and 78.97% at the end of the cycle. Although it is higher than the initial state and not equal to the initial state, it has been achieved by 2.28% and 4.56%, respectively, compared to the case without WPT. With 30 kW wireless charging, the amount of charge used by the vehicles during the journey can be added to the battery as a recharge. With 40 kW and 50 kW charging, much higher levels than the initial state can be increased and much more charge can be loaded into the battery than used.

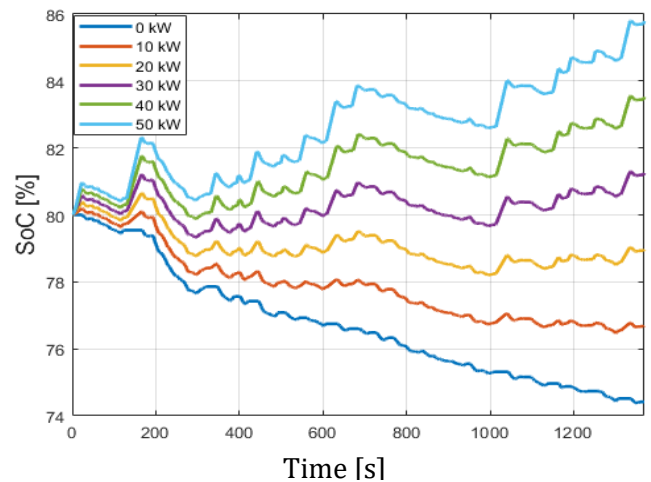


Figure 8. SoC graph for SDWPT in different Powers

3.2. Dynamic Wireless Power Transfer

During a traditional highway ride, EV never gets idle and stops. Therefore, static charging or semi-dynamic charging cannot be applied. The second scenario is applied for highways that never stop during the cycle. DWPT needs to be implemented here. The total driving amount on highways in our country is approximately 128 billion km as of 2017 (T.C. Ministry of Transport and Infrastructure, 2018). By 2020, the total length of highways in our country is 3060 km, and the length of intercity roads, which are referred to as divided state roads, is 20,723 km. Yet, the ratio of highway length to total road length in our country is 4.4% (TR General Directorate of Highways, 2020). However, since we are a developing country, the development of the industry and the population growth of the cities are inevitable. Therefore, this rate will increase in the coming years. In addition, although there are no highways in intercity roads, it is possible to install these systems in some parts.

All these data show that most of the daily kilometers traveled are spent on these roads. This means that by integrating the DWPT system into important roads, EVs' battery charging needs can be met. The HWFET shown in Figure 9 represents a trip on the highway. It is seen in Table 2; the average speed is high and there is no stopping point. Also, the average speed is close to the maximum speed.

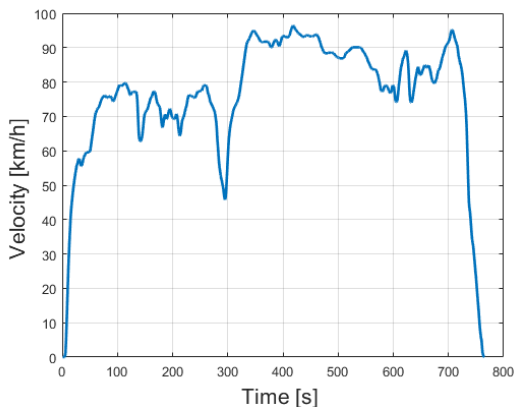


Figure 9. Highway (HWFET) cycle Velocity / Time graph

To implement DWPT on highways, a transmitter system is required on a proportionally significant part of the road. The ratio of the path length covered by this system to the total path length is called the coverage area. Coverage is an important parameter when determining cost. The coverage area was determined as 10% in this study. Since the vehicles are mobile, the efficiency was determined as 80% and the system was tested for power levels up to 50 kW. Table 4 contains these power values and current amounts.

Table 4. Power and applied currents for HWFET cycle

Power [kW]	Current [A]	Current [A] with 80% efficiency
10	26.31	21.05
20	52.63	42.10
30	78.95	63.16
40	105.26	84.21
50	131.57	105.25

The results of the simulation made for 10% coverage are given in the graphic in Figure 10. Again, the 0 kW is the situation where there is no WPT system along the way. Here, the charge decreases from 80% to 71.2% and there is a charge loss of 8.8%. It does not seem possible to compensate for the lost charge for this coverage area in all charging situations. However, there is a proportional effect for each state of charge.

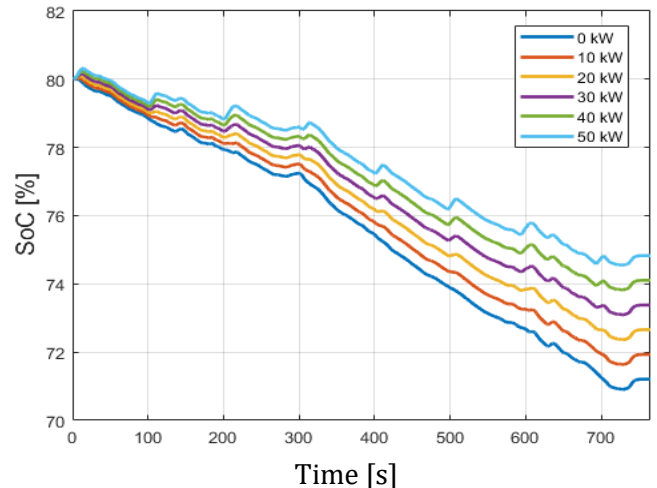


Figure 10. SoC graph for DWPT in different powers

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the effects of semi-dynamic and dynamic WPT systems on vehicle battery charge state were investigated. Simulations were made in different scenarios using "The electric vehicle reference application" in the Mathworks library. Urban (UDDS) and highway (HWFET) loops were used to simulate wireless charging in these scenarios.

The following conclusions can be drawn with the two driving cycles and the scenarios applied. When WPT technology is designed according to standards, it can increase the reach range with high impact. Considering that it is possible to reach an unlimited range, it will relieve users and manufacturers significantly, as there is no charging concern. While SDWPT is used in the city on the busiest roads, DWPT should be used on highways. High power level creates electromagnetic field pollution. Therefore, it is desirable to produce longer range at less power level. It is one of the issues that need to be designed and focused on. With the results achieved, the range problem can be eliminated with the SDWPT system at medium power levels. Therefore, with this system, electromagnetic field emission will be relatively less and health and safety concerns will be minimized proportionally. In addition, by increasing the coverage area for DWPT, such limitations can be avoided. This result is extremely important because the deployment of WPT systems poses a health and safety concern. The study focused on a single vehicle model and two different scenarios. This study can be adapted by applying different driving cycles to various vehicle models. In this way, parameters to obtain the longest range with the least cost can be obtained for different systems.

References

- Beard, K. W. 2019. *Linden's handbook of batteries*. McGraw-Hill Education,
- Bosshard, R., Iruretagoyena, U. ve Kolar, J. W. 2016. Comprehensive evaluation of rectangular and double-D coil geometry for 50 kW/85 kHz IPT system. *IEEE journal of emerging and selected topics in power electronics*, 4:4, 1406-1415.
- Budhia, M., Boys, J. T., Covic, G. A. ve Huang, C.-Y. 2011. Development of a single-sided flux magnetic coupler for electric vehicle IPT charging systems. *IEEE transactions on industrial electronics*, 60:1, 318-328.
- Buja, G., Bertoluzzo, M. ve Dashora, H. K. 2016. Lumped track layout design for dynamic wireless charging of electric vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63:10, 6631-6640.
- Chen, L., Nagendra, G. R., Boys, J. T. ve Covic, G. A. 2014. Double-coupled systems for IPT roadway applications. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 3:1, 37-49.
- Chen, M. ve Rincon-Mora, G. A. 2006. Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and IV performance. *IEEE transactions on energy conversion*, 21:2, 504-511.
- Chopra, S. ve Bauer, P. 2011. Driving range extension of EV with on-road contactless power transfer—A case study. *IEEE transactions on industrial electronics*, 60:1, 329-338.
- Covic, G. A. ve Boys, J. T. 2013. Modern trends in inductive power transfer for transportation applications. *IEEE journal of emerging and selected topics in power electronics*, 1:1, 28-41.
- Deng, J., Li, W., Nguyen, T. D., Li, S. ve Mi, C. C. 2015. Compact and efficient bipolar coupler for wireless power chargers: Design and analysis. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30:11, 6130-6140.
- Department for Transport. (2018). *Road traffic estimates great britain 2017*. Great Britain: Dept. Transport.
- Do Chung, Y., Lee, C. Y., Kang, H. K. ve Park, Y. G. 2014. Design consideration and efficiency comparison of wireless power transfer with HTS and cooled copper antennas for electric vehicle. *IEEE Transactions on applied superconductivity*, 25:3, 1-5.
- Eghtesadi, M. (1990). Inductive power transfer to an electric vehicle-analytical model. 40th IEEE Conference on Vehicular Technology, IEEE, 100-104.
- Ehsani, M., Gao, Y. ve Miller, J. M. 2007. Hybrid electric vehicles: Architecture and motor drives. *Proceedings of the IEEE*, 95:4, 719-728.
- Etacheri, V., Marom, R., Elazari, R., Salitra, G. ve Aurbach, D. 2011. Challenges in the development of advanced Li-ion batteries: a review. *Energy & Environmental Science*, 4:9, 3243-3262.
- Fujita, T., Yasuda, T. ve Akagi, H. 2017. A dynamic wireless power transfer system applicable to a stationary system. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 53:4, 3748-3757.
- Gerssen-Gondelach, S. J. ve Faaij, A. P. 2012. Performance of batteries for electric vehicles on short and longer term. *Journal of power sources*, 212, 111-129.
- Gu, R., Malysz, P., Yang, H. ve Emadi, A. 2016. On the suitability of electrochemical-based modeling for lithium-ion batteries. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 2:4, 417-431.
- Gysen, B. L., Paulides, J. J., Janssen, J. L. ve Lomonova, E. A. 2009. Active electromagnetic suspension system for improved vehicle dynamics. *IEEE transactions on vehicular technology*, 59:3, 1156-1163.
- Hariharan, K. S., Tagade, P. ve Ramachandran, S. 2017. *Mathematical Modeling of Lithium Batteries: From Electrochemical Models to State Estimator Algorithms*. Springer,
- Honda, T. (2015). *Development of handling performance control for SPORT HYBRID SH-AWD (0148-7191)*. Retrieved from
- Huh, J., Lee, W., Cho, G.-H., Lee, B. ve Rim, C.-T. (2011). Characterization of novel inductive power transfer systems for online electric vehicles. 2011 Twenty-Sixth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), IEEE, 1975-1979.
- Kissin, M. L., Boys, J. T. ve Covic, G. A. 2009. Interphase mutual inductance in polyphase inductive power transfer systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56:7, 2393-2400.
- Klontz, K., Esser, A., Bacon, R., Divan, D., Novotny, D. ve Lorenz, R. (1993). An electric vehicle charging system with 'universal' inductive interface. Conference Record of the Power Conversion Conference-Yokohama 1993, IEEE, 227-232.
- Koehn, P. ve Eckrich, M. (2004). *Active steering-the BMW approach towards modern steering technology (0148-7191)*. Retrieved from
- Kurs, A., Karalis, A., Moffatt, R., Joannopoulos, J. D., Fisher, P. ve Soljačić, M. 2007. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances. *science*, 317:5834, 83-86.
- Lee, S., Huh, J., Park, C., Choi, N.-S., Cho, G.-H. ve Rim, C.-T. (2010). Online electric vehicle using inductive power transfer system. 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, IEEE, 1598-1601.
- Li, S. ve Mi, C. C. 2014. Wireless power transfer for electric vehicle applications. *IEEE journal of emerging and selected topics in power electronics*, 3:1, 4-17.
- Lin, F. Y., Covic, G. A. ve Boys, J. T. 2015. Evaluation of magnetic pad sizes and topologies for electric vehicle charging. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30:11, 6391-6407.
- Lin, J. C. 2006. A new IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio-frequency radiation. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 48:1, 157-159.
- Lotfi, N., Landers, R. G., Li, J. ve Park, J. 2016. Reduced-order electrochemical model-based SOC observer with output model uncertainty estimation. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25:4, 1217-1230.
- Lukic, S. ve Pantic, Z. 2013. Cutting the cord: Static and dynamic inductive wireless charging of electric vehicles. *IEEE Electrification Magazine*, 1:1, 57-64.
- Machura, P., De Santis, V. ve Li, Q. 2020. Driving Range of Electric Vehicles Charged by Wireless Power Transfer. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*.
- Machura, P. ve Li, Q. 2019. A critical review on wireless charging for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 209-234.

- Mecke, R. ve Rathge, C. (2004). High frequency resonant inverter for contactless energy transmission over large air gap. 2004 IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No. 04CH37551), IEEE, 1737-1743.
- Mi, C. ve Masrur, M. A. 2017. *Hybrid electric vehicles: principles and applications with practical perspectives*. John Wiley & Sons,
- Miller, J. M. ve Daga, A. 2015. Elements of wireless power transfer essential to high power charging of heavy duty vehicles. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 1:1, 26-39.
- Mohamed, A. A., Meintz, A., Schrafel, P. ve Calabro, A. 2019. Testing and assessment of emfs and touch currents from 25-kW IPT system for medium-duty EVs. *IEEE transactions on vehicular technology*, 68:8, 7477-7487.
- Moradewicz, A. J. ve Kazmierkowski, M. P. 2010. Contactless energy transfer system with FPGA-controlled resonant converter. *IEEE transactions on industrial electronics*, 57:9, 3181-3190.
- Musavi, F., Edington, M. ve Eberle, W. (2012). Wireless power transfer: A survey of EV battery charging technologies. 2012 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), IEEE, 1804-1810.
- Nagatsuka, Y., Ehara, N., Kaneko, Y., Abe, S. ve Yasuda, T. (2010). Compact contactless power transfer system for electric vehicles. The 2010 International Power Electronics Conference-ECCE ASIA-, IEEE, 807-813.
- Nguyen, T.-D., Li, S., Li, W. ve Mi, C. C. (2014). Feasibility study on bipolar pads for efficient wireless power chargers. 2014 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition-APEC 2014, IEEE, 1676-1682.
- Ning, P., Miller, J. M., Onar, O. C., White, C. P. ve Marlino, L. D. (2013). A compact wireless charging system development. 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), IEEE, 3045-3050.
- Protection, I. C. o. N.-I. R. 2009. ICNIRP statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)". *Health physics*, 97:3, 257-258.
- Rong, P. ve Pedram, M. 2006. An analytical model for predicting the remaining battery capacity of lithium-ion batteries. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 14:5, 441-451.
- Sallán, J., Villa, J. L., Llombart, A. ve Sanz, J. F. 2009. Optimal design of ICPT systems applied to electric vehicle battery charge. *IEEE transactions on industrial electronics*, 56:6, 2140-2149.
- Schneider, J. 2016. Wireless power transfer for light-duty plug-in/electric vehicles and alignment methodology. *SAE International J2954 Taskforce*.
- Sedwick, R. J. 2010. Long range inductive power transfer with superconducting oscillators. *Annals of Physics*, 325:2, 287-299.
- Sellali, M., Abdeddaim, S., Betka, A., Djerdir, A., Drid, S. ve Tiar, M. 2019. Fuzzy-Super twisting control implementation of battery/super capacitor for electric vehicles. *ISA transactions*, 95, 243-253.
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü (2020). Yol Ağı Bilgileri. Retrieved from <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Kurumsal/YolAgi.aspx>
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, S. G. D. B. 2018. Karayolları Genel Müdürlüğü 2019-2023 Stratejik Planı.
- Tremblay, O. ve Dessaint, L.-A. 2009. Experimental validation of a battery dynamic model for EV applications. *World electric vehicle journal*, 3:2, 289-298.
- Villa, J. L., Sallán, J., Llombart, A. ve Sanz, J. F. 2009. Design of a high frequency inductively coupled power transfer system for electric vehicle battery charge. *Applied Energy*, 86:3, 355-363.
- Wang, D., Yang, F., Tsui, K.-L., Zhou, Q. ve Bae, S. J. 2016. Remaining useful life prediction of lithium-ion batteries based on spherical cubature particle filter. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 65:6, 1282-1291.
- Wu, H. H., Gilchrist, A., Sealy, K. D. ve Bronson, D. 2012. A high efficiency 5 kW inductive charger for EVs using dual side control. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8:3, 585-595.
- Yong, J. Y., Ramachandaramurthy, V. K., Tan, K. M. ve Mithulananthan, N. 2015. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 365-385.
- Zheng, L., Zhu, J., Wang, G., Lu, D. D.-C. ve He, T. 2018. Lithium-ion battery instantaneous available power prediction using surface lithium concentration of solid particles in a simplified electrochemical model. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33:11, 9551-9560.



Development Supply Chain Management In Terms of Quality Function: An Application in the Manufacturing Industry

Ayşenur Erdil^{1*}

^{1*} İstanbul Medeniyet University, Faculty of Political Sciences, Business Administration, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-6413-7482)

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960993)

ATIF/REFERENCE: Erdil, A. (2021). Development Supply Chain Management In Terms of Quality Function: An Application in the Manufacturing Industry. *European Journal of Science and Technology*, (26), 456-465.

Abstract

In terms of financial efficiency, customer loyalty, and partner earnings, Supply Chain Management (SCM) efficiently benefits the company. The belows are some of the corporate opportunities of supply chain management. It increases sales, helps to reduce capital expenditures in the industry, reduces time by making efficient use of the time between consumer orders and distribution and Improves responsiveness to changes in demand, increasing supply stability. Due to this topic, by combining Quality Function Deployment (QFD) applications with a SCM system, this research will provide the researcher with an improved output arrangement. It covers the basics of using QFD in SCM systems as well as several examples of how to use QFD as a continuity reference and a supply chain management approach. This research looks at how and why QFD can be used in a supply chain, as well as some of the potential applications. QFD technique may help with SCM implementations. Customers' importance in a supply chain network cannot be overstated. The integration of "Customers Voice" into the applied structure ensures a high chance of performance and device productivity, while the Fuzzy QFD implementation promotes strategic analysis as a framework for evaluating. Supply chain management is critical from a strategic standpoint and is seen as a competitive advantage. In this study, in the furniture industry, switching from conventional approaches to supply chain management with QFD has a number of benefits. The application's main objective is to expose the process and operation of supply chain management in the furniture industry in this context.

Keywords: Industry, Manufacturing, Quality Function, Supply Chain Management.

Kalite Fonksiyonu Açısından Tedarik Zinciri Yönetiminin Geliştirilmesi: İmalat Endüstrisinde Uygulaması

Öz

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) şirketlere finansal karlılık, performans, müşteri sadakati ve iş ortağı kazançları açısından verimlilik açısından fayda sağlar. Tedarik zinciri yönetiminin kurumsal açıdan sağladığı fırsatlardan bir kısmı aşağıda belirtildiği gibidir. Bu fırsatlar şu şekilde sıralanabilir; firma satışlarını artırır, sektördeki sermaye harcamalarını azaltmaya yardımcı olur, tüketici siparişleri ile dağıtım arasındaki süreyi verimli kullanarak zamanı azaltır, talep değişikliklerine yanıt vermeyi iyileştirir ve arz istikrarını sağlar, artırır. Bu konuya bağlı olarak, Kalite Fonksiyonu Dağılımı (KFD) uygulaması bir işletmedeki Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) sistemi ile birleştirilerek, bu araştırma kapsamında bu uygulama alanı, sektörü için gelişmiş bir çıktı düzenlemesi sağlamaktadır. Bu araştırma, KFD yönteminin TZY sistemi ile birlikte kullanmanın temellerini ve ayrıca KFD'nin süreklilik birleşenlerini ve TZY yaklaşımı olarak nasıl kullanılacağına yönelik birkaç örnek kesitleri içermektedir. Bu çalışma, KFD'nin bir tedarik zincirinde nasıl ve neden kullanılabileceğinin yanında bazı potansiyel uygulamaların nasıl ve niçin kullanılabileceğini incelemektedir. KFD tekniği, TZY uygulamaları için yardımcı araç olarak kullanılmaktadır. KFD 'nin önemli bir unsuru olan "Müşterilerin Sesi"nin (Voice of Customer) TZY'ne entegrasyonu, yüksek bir performans artışı ve üretkenliği sağlarken Bulanık KFD uygulaması, değerlendirme aşaması için yapısal açıdan stratejik analizi sağlar. TZY, stratejik açıdan kritiktir ve rekabet avantajı olarak işletme için önem arz eder. Bu çalışma kapsamında mobilya endüstrisinde yapılan uygulama, KFD ile geleneksel yaklaşımlardan tedarik zinciri yönetiminin birlikte kullanılarak değerlendirilmesi sektöre üretim ve yönetim kapsamında faydalar sağlamıştır, sağlamaktadır. Uygulamanın temel amacı, bu bağlamda mobilya sektöründe tedarik zinciri yönetiminin sürecini ve işleyişini, KFD ve TZY yöntemlerini birlikte kullanarak sektöre yönelik TZY'ne yönelik iyileştirmeler sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri-Sanayi, İmalat, Kalite Fonksiyonu, Tedarik Zinciri Yönetimi.

* Corresponding Author: runesyalidre@gmail.com

1. Introduction

A supply chain is the distribution of products, documents, finances, and services from raw material procurement to end customer through manufacturing plants. Many activities are included in a multi-layer and multi-product chain, including acquisitions, cash flow, thermal treatments, preparation and production management, inventory control and storage, and shipment and supply. The phase of implementing modern strategies to production and operations management suggests that there is a growing trend in the use of supply chain management techniques by different manufacturing companies and services, with the goal of reducing costs and enhancing market share and productivity. Supply Chain Management systems (SCMs) are recently developed, much research is being conducted and much is also being done. Competition in the global economy demands more and better performance for companies. The structures of Supply Chain Management (SCM) attempt at integrating and managing external productions and services of a company. This allows a company to evaluate the risks better, risk evaluation and reduced cost advantages (Individual or altogether). In the global marketplace, and for a company that uses SCM, evaluations need still stronger and better performance. The integration of various management, manufacturing and efficiency sciences into the method accomplish these objectives. These objectives are met by incorporating various administration, manufacturing, and efficiency sciences into the framework. The concept of quality feature use is aimed at defining consumer and business preferences by a range of tools and at integrating the customers' expectations into the current environment right from the start. (Monczka et al., 2016; Fazlollahtabar, 2018; Jacobs and Chase, 2018; Supply Chain Management Articles, 2021).

SCM has been a key concern for companies to lay the groundwork for sustainability to be achieved and sustained. Various methods have been created in recent decades to quantify and analyze the performances of the supply chain from different viewpoints. Supply chains are currently trying to find a means of overcoming the enormous obstacles of their supply chains with new solutions, regulations and tactics. Consequently, an efficient measuring performance method is in fierce competition by companies to help them achieve their corporate objectives by measuring the efficiency of their current scheme. Consequently, a highly demanded efficient performance assessment framework supports businesses by measuring the efficacy of their current tactics in implementing their market targets. Supply chain visibility is the concept to track the stages that parts, components or products go through from the manufacturer to their final destination. Its purpose is to improve and strengthen the supply chain by ensuring that all stakeholders, including the customer, can easily access relevant data (Cohen and Roussel, 2004; Jayaram et al., 2014; Fazlollahtabar, 2018; SearchErp, 2021).

Supply management comprises the pursuit of organizational objectives, which are those tasks that have a significant effect on the different strategic success. Most such long-term tasks should not be undertaken in turn, but should be consistent with the organization's broader mission and objectives. Routine, basic, or day-to-day choices that might have been part of conventional buying obligations are not covered by all these tactics. It is not a competitive obligation to arrange and monitor essential operating inputs on a regular basis. Supply control encompasses a wider range of concepts than buying. Supply management is a forward-thinking method to address the manufacturing

capability which breaks from the conventional arm's-length or adversarial relationship with suppliers. It necessitates buying practitioners working closely with manufacturers designed to deliver world-class value and benefits to the customer (Monczka et al., 2016; Lysons, 2016; Jacobs and Chase, 2018; Supply Chain Management Articles, 2021).

The structure, implementation, and monitoring of performance that produce and distribute the business's key goods and services is referred to as operation and supply chain management (OSCM). OSCM, including accounting and marketing, is a practical industry area containing distinct line management positions. OSCM is required for the successful development of a system that manufactures a commodity or provides a service (Meredith and Shafer, 2016; Jacobs and Chase, 2018).

SCM refers to the coordination of all supply chain processes, starting with input materials and ending with a satisfied buyer. A supply chain, though, is made up of suppliers, manufacturers, and/or service providers, as well as sellers, suppliers, and/or retailers who can provide the goods and/or services to the final consumer (see figure 1). Numerous suppliers' approaches imply that, rather than focusing only on short-term incentives such as low cost, a consumer would be better off forming a long-term relationship with a few dedicated distributors. Long-term suppliers are most inclined to support the fundamental interests of the obtaining business and the end client. Reducing manufacturers will contribute positively by allowing manufacturers to stay viable and creating a learning curve that leads to lower procurement and production costs. This method also enables manufacturers to incorporate product advancements as well as technological expertise. The supply chain will generally be reinforced through locating activities in states with scarce activities. Human capital, low-cost labor, or raw materials are examples of commodities (Meredith and Shafer, 2016; Heizer et al., 2016; Jacobs and Chase, 2018).

The catalyst for supply chain optimization and international SCM would come through, or be supported by, upper management. This necessitates two-way coordination between upper management and the senior executives in charge of the interconnected supply chain or its functions and processes. The capacity to communicate the concept of an optimized supply chain to other team leaders, set and inspire the team to meet expectations, develop and recognize the potential, cultivate team members' competencies, promote a community of continual personal development, and demonstrate high standards of professional honesty are all essential leadership traits. The supply chain is the battleground. In general, this really takes resources to develop and operate an end-to-end supply chain company, but it also takes time, creativity, attention, focus, determination from senior executives, and a lot of strength to execute it off effectively. Notwithstanding, such are the characteristics shared by the world's best-run businesses, why they are at the top (Cohen and Roussel, 2004; Blanchard, 2010; Lysons, 2016)

This research would serve to provide the reader a better performance scheme by using QFD software in an SCM framework. It involves the fundamental use of QFD in SCM structures and brief detail on example experiments, including using QFD as a consistency guide and as a supply chain management strategy.

2. Material and Method

2.1. Concepts of Supply Chain Management (SCM) and Quality Function Deployment

(i) *Supply Chain Management (SCM)*: Supply chain management – the best place to supply the best thing, in the right time and at the right price – is one of the most effective forces to transform businesses. It is one of largest and most respected tactics for reducing costs and increasing sales. SCM attempts to integrate the internal system of the enterprise to its vendors, associates and customers at the time of transmission of trends which began with Business Process Reengineering, Total Quality Management and ERP, all of which tackled only the internal dynamics of an organisation. SCM is a flexible approach to follow thanks to technologies such as the Internet, electronic communication, shipping and warehouse management applications, including software that handles plant scheduling, market forecasting, and purchasing (Gunasekaran and Ngai, 2004; Ayers, 2006; Blanchard, 2010; Meindl and Capital, 2013; SearchErp, 2021)

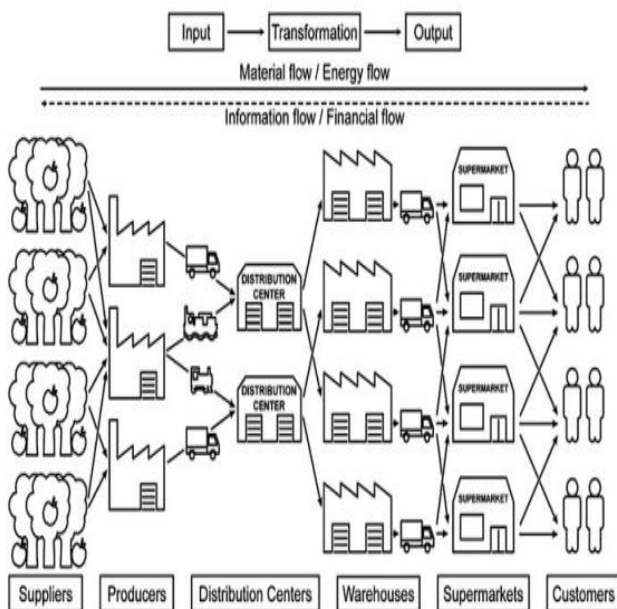


Figure 1. Supply chain Framework (Ivanov et al., 2016, p.5)

A supply chain of companies consisted of geographically distributed facilities, which purchase, process, stock, sell, and transport connections that bind the facility through which goods move. The supply chain included a supply chain. There is a distinction between factories where actual goods are converted and distribution centers where products are collected, sorted, stockpiled, stockpiled or stockpiled, and dispatched, but not processed physically. These facilities can be run by the business or by suppliers, customers, third-party contractors, or other companies for which the business has business agreements. The company's mission is to attach value to its goods as they move through it's own supply chain and deliver them to internationally diverse customers in the right quantities, with the right conditions, on schedule, and at a reasonable rate (Ayers, 2006; Blanchard, 2010; Chopra and Meindl, 2016; Ivanov et al., 2016; Meindl and Capital, 2013; see Figure 1).

Supply chain management effectively supports the firm in terms of financial performance, customer service and profits of partners. The benefits of supply chain management to the

business can be summarized as follows. - It causes an increase in profits,

- It plays a role in reducing the capital used in the business, - It shortens the time by ensuring the effective use of the period from customers ordering to delivery. - Increases production flexibility by improving response to changes in demand, - Ensures timely and complete preparation of customer orders, - Increases quality by reducing product losses and faulty deliveries, - Maximizing the use of cash required by the enterprise by minimizing stock keeping, - Required information flow Ensures that the necessary steps are taken to ensure that product returns are made at a minimum level (Tanyaş, 2003).

(ii) *Quality Function Deployment (QFD)*: Quality function deployment (QFD) is defined as “an overarching term that requires a certain level of converting consumer specifications into the required technical specifications with each phase of the design process and development (i.e., marketing strategy, preparation, product engineering and design, design assessment, manufacturing materials research, manufacturing, and purchases). The coordinator must sustain direct contact with the team member. Prior to the QFD process, the two must discuss the procedure, decide the complexity of the initiative, propose which organisations should be on the committee, evaluate the duration of the activities, and assist in the preparation of the opening paragraph outlining what is to be done and what is required for the resistance training to be efficient. What distinguishes QFD is that the main emphasis is on the needs of the consumer. The method is guided by what the consumer needs, not technological advancements. As a result, more time is expended in gathering the knowledge required to determine what the consumer actually desires (Bossert, 1990; Jagdev et al., 1997; What Is Quality Function Deployment, 2021).

Quality Function Deployment (QFD) is a versatile suite of product creation techniques developed in Japan to move quality management principles from the production phase into the modern product development process. The key characteristics of QFD are an emphasis on satisfying business needs through the use of specific customer comments (referred to as the "Voice of the Customer"), the efficient use of multidisciplinary collaboration, and the use of a robust matrix (referred to as the "House of Quality") for recording information, expectations, and decisions. Any of the advantages of implementing QFD were already reported as follows: According to Yoji Akao, QFD is a tool for designing a design quality directed at pleasing the customer and then turning the consumer's expectations into design goals and significant quality improvement criteria to be included in the development process. The primary characteristics of QFD are its emphasis on addressing consumer expectations by use of their based on the obtained (referred to as the "Voice of the Customer"), its improved communication of interdisciplinary team group project, and the use of a robust schema for recording facts, attitudes, and decisions. This matrix is sometimes pointed to as the "House of Quality" and is thought to reflect QFD through its totality (Bossert, 1990; Jagdev et al., 1997; Franceschini, 2001; Maritan, 2015).

The QFD process starts with our attempt to determine consumer specifications (or requires), which have been normally articulated in based on a qualitative characteristics, such as appealing to the eye, simple to use, functioning correctly, clean, long lasting, fashionable, convenient, and so on. Even during new product development, consumer expectations are gradually transformed through organizational requirement of the organization known as engineering standards. The organization

assessment scheme is built on an optimal basis of QFD. QFD connects existing departmental operations to customer and other business objectives, creating a connection from personal responsibility to the practical skills (Bossert, 1990; Franceschini, 2001; Duffy et al., 2010; Maritan, 2015).

QFD begins by using voice of the customer (VoC) data to specify the customer requirements in the rows of the first house, the Output Planning Matrix. The name VoC stems from the fact that the customer's own language is used to capture these requirements. Next, based on the customer requirements listed in the rows, the technical requirements for the product or service are generated and listed in the columns of this house. While the customer requirements are expressed in the customer's own language, the technical requirements are often expressed in a more specialized language such as that used by engineers. Thus, technical requirements for a product might be expressed in terms of dimensions, weights, performance, tensile strength, and compression. An significant application of the matrix of ties seems to be to indicate that another or more technical criteria are fulfilled to each client. The partnership matrix should have been used to guarantee that the manufacturers do not apply to the product or service technological specifications which do not meet real customer needs. Developers who might not take consumer needs into account in particular continue exposing a certain amount of 'cells and whistles' that do not interest the customer. In such instances, the designers actually contribute to the expense of the finished good or service regardless increasing the value correspondingly. The construction of a quality house starts with the description of what developers intend to do in the rows over there on the left. The only first house is generally considered "Whats," which are either the consumer's needs or the consumer's voice. The next step is to worry about how these conditions can be satisfied after determining what we want to do. So, in the columns of the house are mentioned the "Hows," as they are named. The Hows are the technological specifications of the services or products provided when it comes to the first quality home. QFD is a range of platforms, one of the main advantages. Using QFD, a company is capable of analyzing its results as regards the wishes of its clients, comparing its results to the results of the rivals, determining whether it needs to best satisfy the expectations of each customer and determining how to do it. It also allows these consumer needs to be combined during the preparation period, concluding with comprehensive processes (Chan and Wu, 2002; Meredith and Shafer, 2007; Wang, 2015; What Is Quality Function Deployment, 2021);

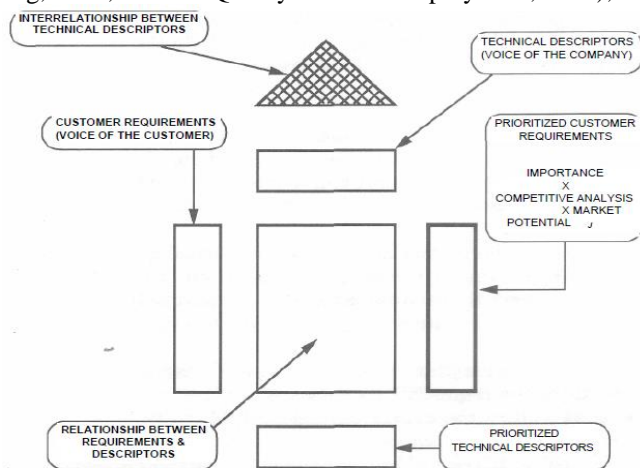


Figure 2. A Basic QFD Matrix Showing the Various Components (QFD Process Concept (House Of Quality) (Bossert, 1990). e-ISSN: 2148-2683

The most well-known type of QFD is the "House of Quality" matrix (see Figure 2). It is used by a multidisciplinary team to convert a range of consumer expectations into an acceptable number of priority development milestones to be fulfilled by a new product concept, based on market analysis and benchmarking results. This matrix comes in a variety of subtly different ways, and one of its main benefits is its ability to be tailored to the needs of a specific problem or community of users. The "House of Quality" is composed of six main components that are completed over the process of a QFD studies. These are as below (Franceschini, 2001; Chan and Wu, 2002; Meredith and Shafer, 2007);

Consumer requirements (HOWs) - a formal list of requirements based on customer comments.

Technical description (WHATs) - a standardized list of applicable and observable specific products.

Planning matrix - depicts consumer expectations gleaned from market research. Including the relative relevance of consumer needs, as well as the success of the firm and its competitors in completing specific.

Interrelationship matrix- depicts the QFD team's views between the interdependence of technological and consumer specifications. A suitable scale is used, and is represented with icons or numbers. Filling out this section of the matrix requires team meetings and policy development, which can be time intensive. Concentrating on core connections and reducing the amount of criteria are effective strategies for reducing resource requirements.

Interrelationship Between Technical Descriptors: Technological correlation (Roof) matrix - utilized determine where technical specifications help or hinder each other with the product development. Could draw attention to potential areas for creativity.

Strategic goals, metrics, and expectations - used to document the matrix's priorities for technological criteria, technical success measurements attained by competing goods, and the degree of complexity involved in developing each requirement. The matrix's actual version is a series of goal requirements with each technological condition to be fulfilled by the conceptual building that are related back to the employee's requirements.

2.2. Literature Reviews

In a period of global supply chain management (SCM), suppliers have difficult situations in which shippers are seeking alternatives to supply chain when waiting for reduced shipping prices. The report sets out useful recommendations for practical solutions for shipping firms. They will use the QFD-ANP technique to build the knowledge to translate the desire of consumers to their supply chain design specifications. As a case study of a cargo shipping company shows, it is appropriate to reach concurrently diverse requirements of commercial, social and environmental requirements. This research aims to create a safe shipping distribution network through rehabilitating clients. The focus of this research is to develop a reliable shipping supply chain by addressing consumer needs. This is done by integrating Quality Function Deployment (QFD) and Analytical Network Process (ANP) in an analytical framework for the implementation of shipping firms (Lam, 2015).

According to the research of logistics and supply chain management, customer support leadership in the new century is a quality management practices. Enterprises improve customer loyalty and earn market stakes by enhancing logistic efficiency. The purpose of this study is to provide an initial approach to

customer relationship management. The method consists on QFD, a concept that's just been widely applied in the production of new materials. This study discussed the logistics and supply chain management potential application of QFD. In particular, an initial approach for a feasible strategy was suggested and implemented. The research examined the use of QFD in the field of logistics and supply chain management. In particular, an original approach to classify feasible strategic measures that a company might work to improve logistical efficiency was suggested and implemented. The technique evolved may properly be used as a valuable tool to pick the most appropriate logistical implements in terms of quality of service (Bottani and Rizzi, 2006).

SCM enables convergence with the existing customers, the delivery network, internal operations to companies and the supply base, thereby influencing SCM's operational efficiency, sustainability success and how it is viewed by the different stakeholders. The new pattern of globalisation, and the increased competition is the main focus for SCM, whereby SCM is well placed as a key management tool for the sustainability success of organisations, both external and internal stakeholders, ranging from raw material manufacturers to end consumers. Supply chain management (SCM) facilitates integration between the customer base, the distribution network, activities internal to firms and supply base, thus SCM practices highly influence organizational performance, sustainability performance and how this is perceived by the external stakeholders of firms. In the current trend of globalization and increasing competition, the strategic management of all external and internal stakeholders from raw material suppliers to end users is the primary focus for SCM, hence SCM is well positioned as an influential management method for sustainability performance of organizations (De Brito and Van, 2010; Reefke and Sundaram, 2017).

A structured dynamic data processing platform as an all-inclusive monitoring and evaluation scheme, this paper attempts to dynamically evaluate the performance of a supply chain from a sustainable and resilient point of view. In addition, a hybrid approach is used to choose the best sustainable and resilient variables consistently using the proposed framework, using Quality Function Deployment (QFD) in conjunction with the Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL), which would then be used in the data development review framework. The system is being used to show its strengths and usefulness in the automobile industry (Ramezankhani et al., 2018). Via a formal systemic analysis the Study sets out core topics, patterns and new opportunities for study. The systemic study provides descriptive research and a conceptual overview of state-of-the-art quality assurance, productivity and the literature on supply chain management (Bastas and Liyanage, 2018).

The research of Akao (1990) seeks to evaluate and advise suppliers on two issues, namely marketing specifications and technological capabilities by means of the consistency feature implementation- quality function deployment (QFD). In the analysis of Asadabadi (2017), the supplier's selection process is accomplished through a system integrated by analytical network process (ANP), QFD and a Markov Chain. This approach uses a chain of Markov to monitor and consider a trend for shifting customer requirements. Management of the sustainability supply chain is gathering momentum. Numerous reports suggest quantitative assessment methods for competitive supply chains management. This research suggests a model for community

decision to choose sustainability management supply chain metrics. The proposed approach would be focused on the implementation of Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets (HFLTS) and the Quality House-Quality Function Deployment (QFD) process categorization technique. Concerning the selection of quality considerations in the supply chain, the final selection of indicators often considers the level of relevance of data gathering, measured based on language structure about available knowledge, staff and effort and time (Osiro et al., 2018). A well know methodological approach, Quality function Implementation (QFD) has a broad scope for efficiency, such as sustainable production of products, enhancement design and implementation processes. In this research, QFD is a standard method for the environmentally-conscious design process for the successful development of a sustainable supply chain. Any of the applied linguistics are Madu, Kuei and Madu (2002), Sakao (2007), Kuo, Wub, and Shieh (2009).

2.3. Quality Function Deployment in Supply Chains Management Systems Application

Seeing as QFD techniques are intended to define customer requirements and enhance design and development operations, they are targeted at customer needs. QFD is an excellent match for the supply chain framework. SCM helps to enhance a company's reputation with its suppliers and consumers by reducing complexity and enhancing regulation and configurability. QFD assists a company in orienting and focusing on consumers, which increases the overall supply chain performance (Temponi et al., 1999; Chan and Wu, 2002; Blanchard, 2010; Jacobs and Chase, 2018).

2.3.1. Customers Voice in Supply Chains Application

Quality Function Deployment (QFD) is a total quality management (TQM) delivery approach that requires a straightforward evaluation of client/end-user requirements in addition to the specific needs of a project in order to turn them into design goals. QFD is just one of the strategies for dealing with consumer demands and desires quite consistently in order to achieve a construction company's most critical goal, client satisfaction. QFD applications of supply chain management seek to improve supply chain performance by "gaining a competitive advantage" as mentioned previously. The QFD method helps in the construction of supply chains. It collects consumer survey responses in order to assess supply chain success. QFD addresses consumer desires and preferences more consistently in order to achieve a corporation's main critical goal, consumer loyalty. QFD is a complete operational excellence (TQM) delivery approach that requires a straightforward evaluation of client/end-user requirements in addition to the specific requirements of a design in order to turn them through technical specifications. The supply chain principle is focused on the transfer of knowledge, processes, and materials among a company and its service provider. As a result, various studies on QFD deployments have been conducted in order to define consumer needs and satisfy them by supply chain integration. Utilizing QFD software is critical for evaluating consumer preferences in supply chain through process development and evaluating the effectiveness of the supply chain network (Chan and Wu, 2002; Ayers, 2006; Meindl and Capital, 2013).

2.3.2. Fuzzy QFD techniques for optimizing supply chain goals

Corporations must produce high-quality goods in order to succeed and thrive in the industry. A product does not have durability if it is just fault free; process quality other factors such as attractiveness, maintainability, and efficiency perceived usefulness; and, most importantly, a product would have the consistency that consumers expect. In other words, a commodity must fulfill the customer's needs. Unremarkable QFD applications seek to define the customer's need. However, because the optimal product characteristics cannot be calculated by the initial QFD.

It is necessary to acquire a new approach. The development group's challenge is to create quality requirements that meet the needs of the consumers. Typically, the management team conducts a research to assess the consumer's needs, and the results are a compilation of intangible Customer Attributes (CAs), such as "safe to be using," "effective," or "robust." Design considerations, on the other hand, are measurable and dependent on physical and mechanical properties. As a consequence of different currencies, branding and technology may disagree (Hauser and Clausing, 1988; Herrmann et al., 2006).

Fuzzy QFD, like standard Design process, utilizes specialists to describe output features and affordances, but instead of asking the professionals to provide predicted probabilities for criteria, Fuzzy QFD merely asks them to provide feedback through verbal parameters since this method of representation is generally mostly inevitable. For instance, instead of considering a set on a 5-point likert, professionals are forced to explain a connection between a success feature and a facilitators utilizing terms including weak or strong. Fuzzy QFD accepts the intrinsic complexity in definitions and the differences of neighboring explanations which occur in linguistic structure; thus, the use of fuzzy arithmetic and Monte Carlo simulation. This method, for instance, allows for the high likelihood through one person's definition of a successful relation being likely attributable to another person's interpretation of really strong on an overall level (Temponi et al., 1999; Sohn and Choi, 2001). Utilizing Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) technique, which addresses some methodological issues raised in traditional QFD and outshines some latest suggestions (Vanegas and Labib, 2001; Sohn and Choi, 2001).

2.3.3. Through Decision-Making Utilisation Fuzzy QFD: Industrial Processing

Quality Function Deployments (QFD) has been a well technique that is mostly used with product development process, but it has expanded into the applications and is also used as a multi-attribute decision-making tool. Fuzzy logic incorporates the uncertainty found in fact as well as the linguistic judgments of the organization's experts. It is viewed as a strategy that aids in the mathematical expression of the intermediate values found in real-world contexts. That's because the essence of industrial logistics is evolving through merely maintaining physical overstock to a condition where consumer demands cover both conventional warehousing and transportation practices as well as modern practices such as capacity building and preparation, product promotion, automated inventory control, and personalized investment banking. Manufacturers anticipate that manufacturing manufacturers can develop a certain brand and double as an advertising communication channel in relation

towards being a supplier of products. The new manufacturing distributor would have to be dependable, adaptable, and expense all at the same time, which necessitates streamlined judgment (Dat et al., 2015; Osorio and España, 2020).

As previously said, an industrial company must conduct a model-based study of supplier companies. It is essential for the framework to accommodate both quantitative and qualitative data since both types of information are commonly used in informing real-world decisions; nonetheless, there are indeed some significant benefits to solving the issue is actually multi-objective existence utilizing linear programming techniques. Because all measurements in this framework are numerical, correctly translating descriptive method into a statistical framework is indeed a crucial requirement in the technique, and Fuzzy Quality Function Deployment (Fuzzy QFD) has been used for this intention (Erol, 2001). Prioritization of customer requirements and technological criteria that is effective and reliable will aid decision making in QFD and thereby increase competitiveness in product management accounting. To translate fuzzy sets into some kind of charging, Fuzzy QFD requires the fundamental framework of standard QFD including improvements. It is necessary to evaluate many features present in current issues by using a framework based on Fuzzy QFD interconnected judgments through an industrialized supplier's supply chain, involving facts which could be considered quantitative or qualitative as well as many priorities which could compete (Vanegas and Labib, 2001; Zhai et al., 2010).

3. Results

3.1. Survey Study and Application

In this part of the research, a quality function deployment (QFD) was implemented in this component of the analysis to obtain assessment of supply chain in terms of management, satisfaction, with the consumer and business expectation for the furniture manufacturers-producers in manufacturing industry. This application was evaluated via QFD and SCM together for furniture manufacturers-producers in manufacturing industry in Turkey

Furniture for furniture manufacturers-producers of manufacturing industry is indeed one of the fundamental essential commodities that individual is inextricably linked to and requires at all stages of the lifespan. Commercially, efficiency, reachability, and reasonableness are essential requirements for person in furniture. While it has yet to achieve a systematic and observable implementation field in the furniture industry, the importance of supply chain management is becoming more widely understood. Because this furniture industry does not use standardized raw materials and intermediary products, the supply chain is complex. Furniture generally takes shape according to its function and many natural and artificial materials are used in its production. Furniture; It is classified differently according to its function, type of construction, the place where it is used and the types of materials used in its production. The supply chain can be defined as the activities that include the supply of raw materials, production and assembly, storage, inventory control, order management, distribution, delivery of the product to the customer and the information systems required to monitor all these activities (Yaşar, 2005; Gürpınar, 2007). This research seeks to investigate the stage at which supply chain management approach with QFD role in the furniture industry, as well as what can be achieved in the future.

The formulas for Quality of House with Quality Function Deployment are presented as below; The mentioned equations have been used to assess the absolute and relative grades of consumer needs that allow for the creation and establishment of technological characteristics of supply chain management (Garvin, 1987; Hauser and Clausing, 1998):

$$AW_j = \sum_{i=1}^n IR_{ij} \times IW_j \quad (1)$$

Absolute weight (AW): the weight (IW) and enhancement ratio (IR) increases grant everyone absolute weights in relation to the consumer requirements. The simple way in which the weight of the technical requirements can be calculated is to assign identifiers in the matrix (Hauser and Clausing, 1998; Garvin, 1987).

AWJ = Row vector of absolute weight to the technical level of technical complexity

$$CNW_j = \frac{AW_j}{\sum AW_j} \times 100 \quad (2)$$

j=1, 2, ..., m

Such that, In which:

IW = consumer demand weight in accordance with IRij

IR = improvement rate – weight for the matrix, weight for the matrix by row i and column j; i = 1, 2, ..., m; j = 1, 2, ..., n

m = number of technological specifications; n = number of specifications for consumer.

The customer needs weight (the relative value of CNW) that both collects absolute weights and divides them into one set, in order to give a standardized customer weight.

In this application; customer requirements, customer significance level and technical characteristics were determined and scored with the experts and employee of manufacturing industrial sectors (TUSIAD). Besides, a questionnaire was prepared for learning the opinions, perspectives of customers about the sustainability of supply chain management of manufacturing sector. This step of the study was very important to gather data and also to assist in the implementation of the research.

This survey was e-mailed to approximately 145 different corporations (large business and SME) of furniture manufacturers-producers in manufacturing industry in Turkey with the help of the Turkish Industrialists' and Businessmen's Association (TUSIAD) and Turkey Exporters Assembly (TIM).

The results of this questionnaire were assessed on the framework of sustainability via renewable energy sources such as environment-oriented energy consumption. The sample size was 91, returning the survey from these companies in Turkey, with a 63% rate of response.

The results of this questionnaire were assessed on the framework of the fields of manufacturing engineering, customer satisfaction, quality, configuration and sustainability of Supply Chain Management of furniture manufacturers-producers of manufacturing industry.

The main objectives in terms of Customer Requirements (Voice of Customers-Whats) for furniture manufacturers-producers in manufacturing industry for this application are shown in Table 1.

Technical Characteristics-Requirements (TCs-TRs) for these characteristics which were determined according to quality and sustainability of supply chain management with Technical Criteria of manufacturers due to the experts of this fields-sector in Table 1.

Technical Criteria of Customer Relation Management for Manufacturing-Production Sector are shown in Table 1 as below. This table is prepared from interviews of the furniture manufacturers-producers, reports of these businesses, literature resources and experts of this industry (Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi, 2021; Tedarik Zinciri Görünürlüğü ve Müşteri Memnuniyeti, 2021; Tedarik Zinciri Sürdürülebilirliği Sürekli İyileştirme için Pratik Rehber, 2021; reports of business; experts' views etc.)

In order to create the QFD (Quality Function Distribution) diagram, Absolute weights (MA; Absolute weight-AW) for each technical requirements and Customer Requirement Weights (MGA; Customer need weight- CNW) calculated based on these absolute weights were calculated. The formulas in equation (1) and (2) were used in the calculation of the correlation values in the QFD matrix.

Table 1. Technical Criteria of Customer Relation Management for Manufacturing-Production Sector

<ol style="list-style-type: none"> 1. Demand and stock management where risks are minimized. 2. Establishing a supplier structure where risks are minimized. 3. Monitoring of risky, critical and urgent material management with a separate process, Human Factors Engineering in terms of Health- Production by Considering Ergonomic Criteria. 4. Structuring the purchasing organizational structure by considering the risks. 5. Establishing trust at all levels of the supply chain, Green Transport and Distribution Strategies. 6. Making internal customer and dental customer surveys, Reducing Inventory and Energy consumption. 7. Receiving feedback from purchasing employees periodically. 8. Eliminating the risk perception of supplier companies. 9. Establishing a relationship with suppliers on the win-win systematic, Shortening the Supply Cycle Time. 10. Determining the appropriate communication method by knowing the structure of each ring in the chain. 11. Designing every stage of the chain according to the standards, but providing sufficient elasticity according to the needs, Improving Delivery Performance. 12. Ability to take initiative for specified groups and levels, Improving Order Fulfillment Rate. 13. Flexibility in capacity usage and manageability of costs, Reducing the Carbon-Water-Energy Footprint.
--

The quality function deployment applied from the feedbacks of interviews with experts of the corporations of manufacturing industry in Turkey are shown in Table 2. Table 2 provides the interrelationship matrix with the type of relationships. Any cell that is empty implies no or insignificant relationship. The degrees of the strength of relationship are placed in the column of customer requirements and technical characteristics of quality function deployment matrix.

Table 2. Quality Function Deployment Table

Customer Requirements (What)	Importance of customer*/ Technical characteristics (How)	Technical Criteria													General Total
		c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	
Procurement Cost, Loyal Customer Price	4	9	9	3	9	9	3	9	3	3	9	3	9	9	1774
Customer satisfaction, Short delivery Times	4	3	9	9	9	9	1	9	3	3	3	9	9	9	
Providing supply human needs, Delivery on time with the requested quality	4	3	3	3	3	9	3	3	3	3	9	9	9	9	
In terms of accident risks, transparently sharing information to gain customer's trust	5	3	3	3	9	9	3	3	3	3	9	9	9	9	
Improving and Strengthening the Supply Chain by ensuring that all stakeholders, including the customer	5	3	3	3	9	9	9	9	9	9	3	3	9	9	
Absolute Net Weight (MA)		90	114	90	174	198	88	144	96	96	144	144	198	198	
Customer Requirement Net Weight (MGA)		5,07	6,43	5,07	9,81	11,16	4,96	8,12	5,41	5,41	8,12	8,12	11,16	11,16	100,00
Rank		11	8	11	4	1	13	5	9	9	5	5	1	1	18
Note : Strenght of relationships (Yilmaz, 2009): Importance of customer **1-5 (1-Not important;2-Less important;3-not decide;4-important;5-Very important), Technical characteristics* (0-Not correlated;9-Very strong correlate;3-Middle correlate;1-Weak correlate)															

Table 3. The groups of the priority order for the Technical Requirements (Depending on the sorting (Rank) CNW -percentage value) from QFD Table

The priority number-importance (Rank)	CNW- percentage value	Technical Requirements
1 (3)	11,16	c5; c12; c13
2 (4)	9,81	c4
3 (7)	8,12	c7;c10;c11
4 (8)	6,43	c2
5 (10)	5,41	c8;c9
6 (12)	5,07	c1;c3
7 (13)	4,96	c6

As a result of this sorting, 3 units of technical characteristics (c5; c12, c13) which are the first priority, were identified with a value of 11.16 percent; The second priority technical characteristic includes 1 unit of technical characteristics (c4) which were identified with a value of 9.81 percent, the third priority technical characteristic involves 3 unit of technical

characteristics (c7; c10, c11) which were identified with a value of 8.12 percent, so on (see Table 3).

3.2. Discussion

In addition to the competitive advantage brought by supply chain management, the ruthlessness of competition in today's conditions has led companies to consider the concept of sustainability together with the supply chain in order to make a

difference. The furniture industry has a complex structure in terms of supply chain, the data obtained must be evaluated quickly and consciously and all processes must be kept under control. Especially in the furniture sector, it creates a professional supply chain of large companies.

Sustainable Supply Chain Management (SCM) meets the needs of stakeholders, including customers based on economic, environmental and social dimensions. With the Sustainable Supply Chain Management (SCM), it is ensured that more flexible processes are formed, environmentally protective packaging, reducing deadlines, and increasing the reputation of the company both in the customer and the society. Sustainability of Supply chain is the management of environmental, social and economic impacts of products and services throughout the life cycle and the promotion of good governance practices. The purpose of supply chain sustainability is to create, protect and develop long-term environmental, social and economic values for all stakeholders involved in the process of bringing products and services to the market. Companies that improve the sustainability performance in their supply chains reduce their risks, increase their efficiency, increase their innovation capacity and reinforce their corporate values. An evaluation of all processes of the supply chain management via QFD in the furniture industry comprises the innovation cycle, supply chain entities, procurement and manufacturing processes, distribution processes, marketing and sales processes and the customer support processes. Despite several research on the wood processing industry, there are unusual cases in the field of furnishings concerning the consequences of supply chains.

4. Conclusions and Recommendations

The aim of this research is to present the consumer and technical requirement-criteria about the SCM and the application of SCM with QFD. It offers short explanations on the use of QFD on a supply chain management system to boost efficiency and also provides details and background. Also the study was intended to provide a better performance framework for the learner using a QFD technique in an SCM context. It involves the fundamental use of QFD in SCM systems and brief details regarding analysis research and the use of QFD mostly as quality tool and as a policy support method in supply chain operations.

This study investigates how and why to incorporate QFD in a supply chain, as well as what certain applications it might have. SCM implementations may benefit from QFD methodology. The significance of customers in a supply chain network cannot be overstated. QFD incorporation incorporates "Customers Voice" into the implemented framework, ensuring a high probability of success and system efficiency, while Fuzzy QFD application supports strategic thinking as a framework for analyzing. Supply chain management has a strategic importance and is considered an important element in competition. The transition to supply chain management with QFD in the furniture industry based on traditional methods provides various advantages. In this context, the main purpose of the application is; to reveal the structure and functioning of supply chain management in the furniture industry. Using the full quality strategy in SCM systems is complementary but QFD is an essential instrument for the SCM implementation, since the

consumer is by definition an internal member of the supply chain network. QFD can also be regarded as an obligatory component of any effective execution of the supply chain. A detailed inspection planned specifically for the QFD process is also important. The requirements and expectations of a customer are the starting point for industrial design. A detailed survey of consumer preferences is absolutely important in this respect. The collaborative process will improve a wide variety of choices on various weighting factors as part of the House of Quality configuration. Mostly a major element is a thoroughly developed for the QFD operation. What the customer wants and needs is the ultimate destination for manufacturing. A robust consumer wishes questionnaire is absolutely important in this respect. The healthcare professionals will make a large number of decisions on various weighting parameters component of the Quality Channel.

5. Acknowledge

I would like to thank the business executives, furniture industry employees and experts who shared their valuable knowledge for the study and contributed to the research by participating in the survey-literature research within the scope of work.

References

- Akao, Y. (1990). *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. Springer, Cambridge, MA.
- Asadabadi, M. R. (2017). A customer based supplier selection process that combines quality function deployment, the analytic network process and a Markov chain. *European Journal of Operational Research*, 263(3), 1049–1062. doi:10.1016/j.ejor.2017.06.006
- Ayers, J.B.(2006) *Handbook of Supply Chain Management*, Auerbach Publications; 2nd edition (April 24, 2006), 640 p.
- Bastas, A. and Liyanage, K. (2018). Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 181, 726–744. doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.110
- Blanchard, D. (2010). *Supply Chain Management Best Practices*, Second Edition, 303 p., ISBN 13:9780470531884.
- Bottani, E., and Rizzi, A. (2006). Strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 585–599. doi:10.1016/j.ijpe.2005.11.006
- Bossert, J.L (1990). *Quality Function Deployment: The Practitioner's Approach (Quality and Reliability Series, Volume 21)*, CRC Press, 125 p., ISBN 13: 9780824783785.
- Bossert, J.L (1990). *Quality Function Deployment: The Practitioner's Approach (Quality and Reliability Series, Volume 21)*, CRC Press, 125 p., ISBN 13: 9780824783785 p.7
- Chan, L.-K. and Wu, M.-L. (2002). *Quality function deployment: A literature review. European Journal of Operational Research*, 143(3), 463–497. doi:10.1016/s0377-2217(02)00178-9
- Chopra S. and Meindl P. (2016). *Supply Chain Management Strategy, Planning and Operations*, South-Western College/West-Pearson, 6 th Edition, 890 p., ISBN 13: 978-1-285-86968-1
- Cohen, S. and Roussel, J. (2004). *Strategic Supply Chain Management*, First Edition, McGraw-Hill, 339 p., ISBN 13: 9780071454490.
- Dat, L. Q., Phuong, T. T., Kao, H.-P., Chou, S.-Y. and Nghia, P. V. (2015). A new integrated fuzzy QFD approach for market segments evaluation and selection. *Applied Mathematical Modelling*, 39(13), 3653–3665. doi:10.1016/j.apm.2014.11.051.
- De Brito, M.P. and Van der Laan, E.A. (2010). Supply chain management and sustainability: procrastinating integration in

- mainstream research. *Sustainability*, 2, 859-870. <https://doi.org/10.3390/su2040859>.
- Duffy, G.L., Moran, J.W. and Riley, W. J. (2010). *Quality Function Deployment and Lean-Six Sigma Applications in Public Health*, First Edition, ASQ Quality Press, 218 p, ISBN 13: 978-0-87389-787-7
- Fazlollahtabar, H. (2018). *Supply Chain Management Models: Forward, Reverse, Uncertain, and Intelligent Foundations with Case Studies*, First edition, CRC Press, 401 p., ISBN 10: 1351336576
- Franceschini, F. (2001), *Advanced Quality Function Deployment*, First Edition, CRC Press, 209 p., ISBN 13: 9781574443219.
- Garvin, D. A. (1987), *Competing on the Eight Dimensions of Quality*, Harvard Business Review, November/December, p. 101-109
- Gunasekaran, A. and Ngai, E. W. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159(2), 269-295. doi:10.1016/j.ejor.2003.08.016
- Gürpınar, K. (2007). Türk Mobilya Sektörünün Rekabet Gücü Üzerine bir Araştırma, Doktora Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Hauser, J. and Clausing, D. (1988). The House of Quality, Harvard Business Review, 16(1), pp. 63-73.
- Herrmann, A., Huber, F., Algesheime, R., and Tomczak, T. (2006). An empirical study of quality function deployment on company performance. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 23(4), 345–366. doi:10.1108/02656710610657576.
- Heizer, J., Render, B. and Munson, C. (2016). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management (12th Edition)*, Pearson, 918 p., ISBN 13: 9780134130422.
- Ivanov, D., Tsipoulanidis, A. and Schönberger, J. (2016). *Global Supply Chain and Operations Management*, chapter 1, Basics of Supply Chain and Operations Management, pp 1-14.
- Jacobs, F.R. and Chase, R.B. (2018). *Operations and Supply Chain Management*, 15th edition, McGraw Hill, 785 p., ISBN 13: 978-1-259-66610-0.
- Jagdev, H., Bradley, P. and Molloy, O. (1997). *A QFD based performance measurement tool*. *Computers in Industry*, 33(2-3), 357–366. doi:10.1016/s0166-3615(97)00041-9
- Jayaram, J., Dixit, M. and Motwani, J. (2014). Supply chain management capability of small and medium sized family businesses in India: A multiple case study approach. *International Journal of Production Economics*, 147, 472–485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.08.016>.
- Kuo, T. C., Wub, H. H. and Shieh, J. I. (2009). Integration of environmental considerations in quality function deployment by using fuzzy logic. *Expert Systems with Applications*, 36, 7148–7156.
- Lam, J. S. L. (2015). Designing a sustainable maritime supply chain: A hybrid QFD–ANP approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 78, 70–81. doi:10.1016/j.tre.2014.10.003.
- Lysons, K. (2016), *Procurement & Supply Chain Management*, Trans-Atlantic Publ. (Pearson), 9th, 692 p., ISBN 13: 9781292086118.
- Madu, C. N., Kuei, C. H. and Madu, I. E. (2002). A hierarchic metric approach for integration of green issues in manufacturing: A paper recycling application. *Journal of Environmental Management*, 64, 261–272.
- Maritan, D. (auth.) (2015), *Practical Manual of Quality Function Deployment*, Springer International Publishing, First Edition, 199 p., ISBN 13: 978-3-319-08521-0
- Meindl, P. and Capital, K. (2013). *Supply Chain Management, Strategy, Planning, And Operation*, Fifth Edition, Pearson, 559 p.
- Meredith, J.R. and Shafer, S. M. (2016), *Operations and Supply Chain Management for MBAs*, Wiley, 6th Edition, 374 p., ISBN 13: 978-1-119-23953-6.
- Meredith, J.R. and Shafer, S.M. (2007). *Operation Management for MBAs*, John Wiley & Sons Inc., 416 p.
- Monczka, R. M., Handfield, R.B., Giunipero, L.C. and Patterson, J.L. (2016). *Purchasing and Supply Chain Management*, 6th edition, 890 p., South-Western College/West, ISBN 13:978-1-285-86968-1
- Osorio Gómez, J. C. and España, K. T. (2020). *Operational Risk Management in the Pharmaceutical Supply Chain Using Ontologies and Fuzzy QFD*. *Procedia Manufacturing*, 51, 1673–1679. doi:10.1016/j.promfg.2020.10.233.
- Osiro, L., Lima-Junior, F. R. and Carpinetti, L. C. R. (2018). A group decision model based on quality function deployment and hesitant fuzzy for selecting supply chain sustainability metrics. *Journal of Cleaner Production*, 183, 964–978. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.197.
- Ramezankhani, M. J., Ali Torabi, S. and Vahidi, F. (2018). Supply Chain Performance Measurement and Evaluation: A Mixed Sustainability and Resilience Approach. *Computers & Industrial Engineering*. doi:10.1016/j.cie.2018.09.054.
- Reefke, H. and Sundaram, D. (2017). Key themes and research opportunities in sustainable supply chain management – identification and evaluation. *Omega*, 66, 195–211. doi:10.1016/j.omega.2016.02.003
- Sakao, T. (2007). A QFD-centred design methodology for environmentally conscious product design. *International Journal of Production Research*, 45(18), 4143–4162.
- SearchErp, supply chain visibility (SCV), <https://searcherp.techtarget.com/definition/supply-chain-visibility-SCV> (Access Time: 29.04.2021).
- Sohn, S. Y. and Choi, I. S. (2001). Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration. *Reliability Engineering & System Safety*, 72(3), 327–334. doi:10.1016/s0951-8320(01)00022-9.
- Supply Chain Management Articles, <https://www.fishbowlinventory.com/supply-chain-management> (Access Time: 23.04.2021). *Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi*, <http://www.mikadoconsulting.com/egitim/15/surdurulebilir-tedarik-zinciri-yonetimi> (Access Time: 12.04.2021).
- Tanyaş, T.(2003). “Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi”, *Lojistik Dergisi*, 3(15), p. 32.
- Tedarik Zinciri Görünürlüğü ve Müşteri Memnuniyeti, *Tugay Güler*<https://satinalmadergisi.com/tedarik-zinciri-gorunurlugu-ve-musteri-memnuniyeti/amp/> (Access Time: 12.04.2021).
- Tedarik Zinciri Sürdürülebilirliği Sürekli İyileştirme için Pratik Rehber,https://d306pr3pise04h.cloudfront.net/docs/issues_doc%2Fsupply_chain%2FSupplyChainRep_TR.pdf
- Temponi, C., Yen, J. and Tiao, W. (1999). House of quality: A fuzzy logic based requirement analysis. *European Journal of Operational Research*, 117, 340–354.
- Vanegas, L. V. and Labib, A. W. (2001). *A Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) model for deriving optimum targets*. *International Journal of Production Research*, 39(1), 99–120. doi:10.1080/00207540010005079.
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P., and Zhong, Z. W. (2010). Towards a QFD-based expert system: A novel extension to fuzzy QFD methodology using rough set theory. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8888–8896. doi:10.1016/j.eswa.2010.06.007
- Wang, C.-H. (2015). Using quality function deployment to conduct vendor assessment and supplier recommendation for business-intelligence systems. *Computers & Industrial Engineering*, 84, 24–31. doi:10.1016/j.cie.2014.10.005
- What Is Quality Function Deployment (Qfd)? <https://asq.org/quality-resources/qfd-quality-function-deployment> (Access Date: 23.03.2021).
- Yaşar, S. (2005). Panel Mobilya Üretim Planlama Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 5–8.
- Yılmaz, H. (2009). Optimization of the product design through Quality Function Deployment (QFD) and Analytical Hierarchy Process (AHP): A case study in a ceramic washbasin, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 91 p.



Bi-Attempted Based Optimization Algorithm For Numerical Optimization Problems

Mehtap Köse Ulukök^{1*}

^{1*} Bahçeşehir Cyprus University, Faculty of Architecture and Engineering, Department of Computer Engineering, Nicosia, TRNC, (ORCID: 0000-0003-4335-483X), mehtap.kose@baucyprus.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.953349)

ATIF/REFERENCE: Köse Ulukök, M. (2021). Bi-Attempted Based Optimization Algorithm For Numerical Optimization Problems. European Journal of Science and Technology, (26), 466-471.

Abstract

Numerical optimization is one of the well-known problems in computer science. Day by day, new methods are developed by many researchers. Recently, optimization became an essential task for many disciplines, such as engineering, medicine, management and others. In many cases, optimization problems may require fast and efficient algorithms for real-time implementations. In this paper, a simple, fast and feasible algorithm is presented for the optimization of both uni-modal and multi-modal benchmark functions. A population based Bi-Attempted Based Optimization Algorithm (ABaOA) is a stochastic search method which searches a solution space with two fixed step-size displacement parameters and two mutation operators. The proposed algorithm is derived from Base Optimization Algorithm (BaOA) which uses basic arithmetic operations. The performance of ABaOA is tested on twenty well-known benchmark functions and the results are statistically compared with the seven well-known stochastic optimization algorithms. Three different statistical analyses were done on the results obtained from the ABaOA. Two non-parametric statistical comparisons with the mean values are performed by using Sign and Wilcoxon tests. The non-parametric statistical multiple comparisons of the proposed algorithm is performed by using the Friedman test. The non-parametric Friedman test of differences among repeated measures of these algorithms was conducted and referred a Chi-square value of 67.337, which was significant ($p < 0.05$). Wilcoxon non-parametric pairwise comparison test was applied to analyze the difference of ABaOA statistically among the other algorithms. The test indicates that the introduced algorithm is statistically significant than other algorithms with a level of significance $p < 0.05$. The experimental results also show that the ABaOA is clearly superior to the compared stochastic optimization algorithms.

Keywords: Computational Intelligence, Evolutionary Computation, Optimization Methods, Numerical Optimization.

Sayısal İyileştirme Problemleri İçin İki-Aşamalı Temel İyileştirme Algoritması

Öz

Sayısal iyileştirme, bilgisayar biliminde iyi bilinen sorunlardan biridir. Gün geçtikçe birçok araştırmacı tarafından yeni yöntemler geliştirilmektedir. Son zamanlarda iyileştirme yapmak, mühendislik, tıp, yönetim ve diğerleri gibi birçok disiplin için önemli bir zorunluluk haline geldi. Çoğu durumda, iyileştirme problemleri, gerçek zamanlı uygulamalar için hızlı ve verimli algoritmalar gerektirebilir. Bu yazıda, hem tek-modelli hem de çoklu-modelli kıyaslama fonksiyonlarının iyileştirilmesi için basit, hızlı ve uygulanabilir bir algoritma sunulmuştur. Popülasyon tabanlı Bi-Attempted Base Optimizasyon Algoritması (ABaOA), iki sabit adım kaydırma parametresi ve iki mutasyon operatörü ile bir çözüm alanını arayan stokastik bir arama yöntemidir. Önerilen algoritma, temel aritmetik işlemleri kullanan Base Optimizasyon Algoritmasından (BaOA) türetilmiştir. ABaOA'nın performansı, iyi bilinen yirmi kıyaslama fonksiyonu üzerinde test edilmiş ve sonuçlar, iyi bilinen yedi stokastik optimizasyon algoritması ile istatistiksel olarak

^{1*} Corresponding Author: mehtap.kose@baucyprus.edu.tr

karşılaştırılmıştır. ABAOA'dan elde edilen sonuçlar üzerinde üç farklı istatistiksel analiz yapılmıştır. Sign ve Wilcoxon testleri kullanılarak ortalama değerlerle iki parametrik olmayan istatistiksel karşılaştırma yapılmıştır. Önerilen algoritmanın parametrik olmayan istatistiksel çoklu karşılaştırması Friedman testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu algoritmaların tekrarlanan ölçümleri arasındaki farklılıkların parametrik olmayan Friedman testi 67.337'lik bir Ki-kare değeri istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.05$). ABAOA'nın diğer algoritmalar arasındaki farkını istatistiksel olarak analiz etmek için Wilcoxon parametrik olmayan ikili karşılaştırma testi uygulanmıştır. Test, sunulan algoritmanın diğer algoritmalarından istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve $p < 0,05$ anlamlılık düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Deneysel sonuçlar ayrıca ABAOA'nın karşılaştırılan stokastik iyileştirme algoritmalarından açıkça üstün olduğunu göstermektedir

Anahtar Kelimeler: Sayısal Zeka, Evrimsel Hesaplama, İyileştirme Yöntemleri, Sayısal İyileştirme.

1. Introduction

Limited resources left in all over the world. This is why it is very important to consume them in more efficient way. The consumption of water, energy and other materials should be carefully decided. Therefore, optimization is an indispensable task for many disciplines specially for various engineering problems (Campbell et al., 2019; de Melo & Banzhaf, 2018). Naturally inspired algorithms such as Genetic Algorithms (GA) (Holland, 1962), Particle Swarm Optimization (PSO) (Deb & Padhye, 2014), Ant Colony Optimization (ACO) (Dorigo & Blum, 2005), Artificial Bee Colony (ABC) (Karaboga & Akay, 2009), and the others can be used for both numerical and combinatorial optimization problems (Song et al., 2019). On the other hand, Branch-and-Bound, DIRECT, gradient-based optimization, sequential quadratic programming (Bednár et al., 2019; Liberti & Kucherenko, 2005) are some of the deterministic approaches for numerical optimization problems. Optimization algorithms are frequently modified or altered to increase their performances for a specific optimization problem (Cao et al., 2019; Zang et al., 2018). All optimization algorithms; mainly metaheuristics have some number of parameters to be set, and they require long computation time. The quality of solutions which are derived from metaheuristics is highly depended on their parameter settings. On the other hand, deterministic algorithms may require less number of parameters, and they may find the desired solution in more quicker time than the metaheuristic ones. Deterministic algorithms may be better to use for some real-life problems because of their superior performance (Bednár et al., 2019; Liberti & Kucherenko, 2005).

The main reason for the wide variety of metaheuristic algorithms is the drawback of parameter settings and their computational complexity. Therefore, algorithms that require less number of parameter settings and have self-adaptive abilities become the interest of many studies (Yadav et al., 2020). Moreover, there are also some metaheuristic algorithms that are inspired from natural life. These algorithms aim to mimic the power of natural evolution in the optimization problems.

In this paper, a population based Bi-Attempted Based Optimization Algorithm (ABAOA) is introduced which is derived from Base Optimization Algorithm (BaOA) with two fixed displacement parameters and two mutation operators. BaOA is reported as fast and feasible algorithm for numerical optimization (Xing & Gao, 2014).

2. Material and Method

2.1. Bi-Attempted Based Optimization Algorithm

The Base Optimization Algorithm (BaOA) has been inspired from mathematics. BaOA simply applies arithmetic operators to

a potential solution. It has only one parameter δ as a displacement parameter and two range constants as R_{min} and R_{max} , respectively. By tuning the value of one displacement parameter, the performance of the BaOA algorithm can be improved (Xing & Gao, 2014). The BaOA starts with randomly generated potential solutions, and they updated based on four arithmetic operators. Best found solution so far is kept in each iteration until the desired number of iterations has been performed.

The quick convergence and simplicity of BaOA are preserved and improved by adding one more displacement variable and by reducing the four arithmetic operators to two. The use of only two arithmetic operators; addition and subtraction operations, as a mutation operator leads to decrease the computation time of BaOA. Moreover, the use of two different displacement variables preserves the quick convergence behaviour and the solution quality of the algorithm. The modified algorithm is called as Bi-Attempted Base Optimization Algorithm (ABAOA) and it is given in Table 1.

Metaheuristic algorithms use global and local search techniques to reach a global optimum point in the search space. These techniques have high computation time and programming complexity. Finding a feasible solution by these algorithms depends on probabilistic approaches in its nature. However, deterministic algorithms based on exact models and they guarantee to reach a global optimum. The two different displacement parameters in ABAOA mimic the global and local search techniques in its search process.

Table 1: Bi-Attempted Base Optimization Algorithm (ABAOA)

- Generate n random potential solutions ($S_1 \dots S_n$) with d dimensions
- While maximum number of iterations has been reached
 - For each potential solution S_i
 - Calculate fitness value of each $f(S_i)$
 - Derive new potential solutions as:

$$\left. \begin{aligned} S_{i,1}^+ [i] &= S_i [i] + \delta_1 \\ S_{i,2}^+ [i] &= S_i [i] + \delta_2 \\ S_{i,1}^- [i] &= S_i [i] - \delta_1 \\ S_{i,2}^- [i] &= S_i [i] - \delta_2 \end{aligned} \right\} R_{min} \leq S_i^* [j] \leq R_{max}$$

- Compute fitness values of new potential solutions $f_{i,1}^+, f_{i,1}^-, f_{i,2}^+, f_{i,2}^-$
 - Update fitness value of each $f(S_i)$ with the best
- $$f(S_i) = \min\{f_{i,1}^+, f_{i,1}^-, f_{i,2}^+, f_{i,2}^-\}$$

where, f is the test function, S_i is the potential solution, R_{min} and R_{max} are the minimum and maximum ranges, respectively. The two displacement parameters δ_1 and δ_2 preserve the quick convergence to the global optimum point of ABaOA.

2.1.1. Benchmark Functions

The ABaOA is tested on twenty well-known benchmark functions. These benchmark functions are chosen as same with the study given in (Chakri et al., 2017) and the obtained results are compared with those. These functions' name, domain and feasible solutions are summarized in Table 2.

Table 2: Used benchmark numerical functions's domain and feasible solutions

Function name	Domain	Feasible Solution
1 Sphere	$x_i \in [-5.12, 5.12]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_1(\mathbf{x}^*) = 0$
2 Sum of Different Powers	$x_i \in [-100, 100]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_2(\mathbf{x}^*) = 0$
3 Rotated Hyper-ellipsoid	$x_i \in [-65, 65]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_3(\mathbf{x}^*) = 0$
4 Griewank	$x_i \in [-600, 600]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_4(\mathbf{x}^*) = 0$
5 Trid	$x_i \in [-d^2, d^2]$	$\mathbf{x}^* = i(d + 1 - i), i = 1,2 \dots d;$ $f_5(\mathbf{x}^*) = -d(d + 4)(d - 1)/6$
6 Rastrigin	$x_i \in [-5.12, 5.12]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_6(\mathbf{x}^*) = 0$
7 Levy	$x_i \in [-5.12, 5.12]$	$\mathbf{x}^* = (1,1, \dots, 1); f_7(\mathbf{x}^*) = 0$
8 Ackley	$x_i \in [-32, 32]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_8(\mathbf{x}^*) = 0$
9 Schwefel	$x_i \in [-500, 500]$	$\mathbf{x}^* = (1,1 \dots, 1); f_9(\mathbf{x}^*) = 0$
10 Rosenbrock	$x_i \in [-2.048, 2.048]$	$\mathbf{x}^* = (1,1 \dots, 1); f_{10}(\mathbf{x}^*) = 0$
11 Zakharov	$x_i \in [-5, 10]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_{11}(\mathbf{x}^*) = 0$
12 Dixon-Price	$x_i \in [-10, 10]$	$x_i = 2^{-\frac{2^i-2}{2^i}}, i = 1, \dots, d; f_{12}(\mathbf{x}^*) = 0$
13 Michalewicz	$x_i \in [0, \pi]$	at $d = 10; f_{13}(\mathbf{x}^*) = -9.66015$
14 Powell	$x_i \in [-10, 10]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_{14}(\mathbf{x}^*) = 0$
15 Bent Cigar	$x_i \in [-10, 10]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_{15}(\mathbf{x}^*) = 0$
16 Alpine	$x_i \in [-10, 10]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_{16}(\mathbf{x}^*) = 0$
17 Weierstrass	$x_i \in [-0.9, 0.9]$	$CEC'15, f_{17}(\mathbf{x}^*) = 300$
18 Styblinski-Tang	$x_i \in [-10, 10]$	$\mathbf{x}^* = (-2, \mathbf{903534}, \dots, -2, \mathbf{903534}); f_{18}(\mathbf{x}^*) = 0$
19 Salomon	$x_i \in [-100, 100]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_{19}(\mathbf{x}^*) = 0$
20 Shaffer F7	$x_i \in [-100, 100]$	$\mathbf{x}^* = (0,0, \dots, 0); f_{20}(\mathbf{x}^*) = 0$

3. Results and Discussion

The results of the ABaOA on twenty benchmark function are compared with seven different heuristics and the BaOA. Best, median, worst, mean and standard deviation of ABaOA, BaOA over 51 runs are recorded together with the results reported in (Chakri et al., 2017) and they are summarized in Table 3 and Table 4.

In order to proof whether the ABaOA statistically significant than the other algorithms, two non-parametric statistical comparisons with the mean values are done by using Sign and Wilcoxon tests. The non-parametric statistical multiple comparison of algorithms is performed by using the Friedman test, and the results are given in Table 5.

The non-parametric Friedman test of differences among repeated measures of these algorithms was conducted and referred a Chi-square value of 67.337 which was significant ($p < 0.05$). The Wilcoxon non-parametric pairwise comparison test is applied to analyze the difference of ABaOA statistically among the other algorithms. The test indicates that the introduced algorithm is statistically significant than other algorithms with a level of

significance $p < 0.05$. The Wilcoxon non-parametric pairwise comparison test and the sign test statistical results are given in Table 6.

Table 5: Nonparametric statistical multiple comparison results of ABaOA

Algorithm	Friedman mean Rank
ABaOA	1.97
BaOA	3.82
dBA	3.32
BA	6.95
PSO	7.42
HS	6.79
CS	5.21
DE	5.00
GA	4.53
Statistic	67.337
p-value	1.66E-11

Table 3: Comparison between ABaOA and classical algorithm on benchmark function (F1 – F10)

Functions		ABaOA	BaOA	dBA	BA	PSO	HS	CS	GA	DE
F1	Best	0.00E+00	0.00E+00	1.927E-03	3.052E-01	1.118E+03	5.919E+03	2.340E+02	5.52E+00	2.481E+01
	Median	0.00E+00	0.00E+00	1.408E-02	5.480E+04	2.554E+03	9.621E+03	4.357E+02	6.560E+02	4.120E+01
	Worst	0.00E+00	0.00E+00	2.233E+00	6.569E+04	5.626E+03	1.568E+04	6.119E+02	7.964E+03	8.028E+01
	Mean	0.00E+00	0.00E+00	2.256E-01	4.920E+04	2.852E+03	9.618E+03	4.153E+02	1.678E+03	4.411E+01
	SD	0.00E+00	0.00E+00	4.869E-01	1.859E+04	1.105E+03	2.226E+03	9.518E+01	2.032E+03	1.259E+01
F2	Best	9.30E-02	4.43E-02	1.011E+06	3.313E+09	1.609E+20	2.573E+33	3.229E+17	7.488E+04	9.080E+08
	Median	2.11E-01	2.09E-01	8.171E+09	1.294E+45	1.085E+28	7.580E+37	7.654E+19	9.245E+29	1.177E+11
	Worst	3.65E-01	4.06E-01	1.713E+13	5.893E+50	1.724E+34	8.664E+42	2.433E+22	2.390E+41	1.553E+12
	Mean	2.10E-01	2.16E-01	1.363E+12	4.310E+49	1.046E+33	3.533E+41	2.263E+21	1.049E+40	3.051E+11
	SD	7.06E-02	8.71E-02	4.261E+12	1.461E+50	3.737E+33	1.697E+42	5.976E+21	4.671E+40	4.102E+11
F3	Best	0.00E+00	0.00E+00	1.634E-02	8.563E+00	4.828E+03	4.124E+04	1.062E+03	8.280E+01	9.877E+01
	Median	0.00E+00	0.00E+00	3.115E-01	2.996E+05	1.383E+04	5.220E+04	1.996E+03	5.373E+03	1.618E+02
	Worst	0.00E+00	0.00E+00	1.256E+02	4.370E+05	3.416E+04	7.472E+04	3.409E+03	3.294E+04	3.850E+02
	Mean	0.00E+00	0.00E+00	1.461E+01	2.612E+05	1.562E+04	5.336E+04	2.138E+03	8.130E+03	1.742E+02
	SD	0.00E+00	0.00E+00	3.456E+01	1.348E+05	7.676E+03	8.132E+03	5.493E+02	8.472E+03	6.173E+01
F4	Best	0.00E+00	0.00E+00	5.049E-03	3.210E+02	3.041E+01	4.375E+01	3.026E+00	1.080E-01	9.989E-03
	Median	0.00E+00	0.00E+00	8.544E-02	5.949E+02	7.258E+01	8.306E+01	4.448E+00	1.507E+01	8.997E-02
	Worst	0.00E+00	0.00E+00	5.630E-01	6.848E+02	1.684E+02	1.201E+02	6.797E+00	5.574E+01	2.136E+00
	Mean	0.00E+00	0.00E+00	1.405E-01	5.816E+02	7.481E+01	8.040E+01	4.567E+00	1.900E+01	2.303E-01
	SD	0.00E+00	0.00E+00	1.481E-01	7.884E+01	2.717E+01	1.588E+01	9.934E-01	1.828E+01	4.210E-01
F5	Best	-1.69E+02	-3.95E+02	1.685E+03	2.967E+06	3.078E+05	5.169E+05	2.831E+04	6.326E+03	-3.276E+03
	Median	5.49E+00	2.60E+01	3.553E+04	4.529E+06	5.872E+05	8.395E+05	4.084E+04	2.920E+05	3.007E+03
	Worst	2.24E+01	1.64E+02	9.707E+04	5.495E+06	1.223E+06	1.329E+06	8.620E+04	7.001E+05	2.215E+04
	Mean	-4.62E+00	5.69E+00	3.423E+04	4.436E+06	6.204E+05	8.815E+05	4.242E+04	3.194E+05	4.901E+03
	SD	3.38E+01	8.04E+01	2.590E+04	6.360E+05	2.312E+05	1.932E+05	1.118E+04	1.916E+05	6.627E+03
F6	Best	0.00E+00	0.00E+00	6.812E+01	2.420E+02	1.707E+02	1.330E+02	1.129E+02	2.994E+01	2.998E+01
	Median	0.00E+00	0.00E+00	1.057E+02	3.074E+02	2.517E+02	1.625E+02	1.378E+02	5.895E+01	1.575E+02
	Worst	0.00E+00	7.29E+00	2.471E+02	3.670E+02	3.456E+02	1.845E+02	1.644E+02	9.913E+01	2.047E+02
	Mean	0.00E+00	1.05E+00	1.193E+02	3.086E+02	2.599E+02	1.580E+02	1.366E+02	5.746E+01	1.551E+02
	SD	0.00E+00	2.05E+00	4.023E+01	3.603E+01	3.756E+01	1.558E+01	1.349E+01	1.825E+01	3.368E+01
F7	Best	5.40E-01	5.45E-01	1.518E+00	3.024E+01	2.126E+01	1.366E+01	2.414E+00	1.093E+00	1.053E+00
	Median	7.27E-01	7.90E-01	4.901E+00	6.876E+01	3.604E+01	2.384E+01	4.475E+00	4.073E+00	1.928E+00
	Worst	8.99E-01	9.33E-01	9.997E+00	1.135E+02	8.057E+01	3.540E+01	8.813E+00	1.562E+01	3.388E+00
	Mean	7.32E-01	7.84E-01	4.716E+00	7.176E+01	3.979E+01	2.417E+01	5.153E+00	5.675E+00	2.017E+00
	SD	8.37E-02	8.55E-02	1.826E+00	1.927E+01	1.681E+01	5.004E+00	1.865E+00	3.920E+00	5.223E-01
F8	Best	1.33E-01	9.72E-01	3.214E+00	1.996E+01	1.252E+01	1.338E+01	8.691E+00	2.595E+00	2.302E+00
	Median	5.59E-01	1.26E+00	5.681E+00	1.996E+01	1.462E+01	1.559E+01	1.200E+01	5.744E+00	3.191E+00
	Worst	7.64E-01	1.43E+00	8.801E+00	1.996E+01	1.737E+01	1.640E+01	1.750E+01	1.145E+01	3.648E+00
	Mean	5.45E-01	1.24E+01	5.839E+00	1.996E+01	1.474E+01	1.540E+01	1.209E+01	5.920E+00	3.191E+00
	SD	1.24E-01	1.11E-01	1.730E+00	7.062E-04	1.235E+00	7.839E-01	1.753E+00	2.453E+00	2.904E-01
F9	Best	3.04E+03	3.92E+03	2.895E+03	5.685E+03	7.293E+03	2.281E+03	4.522E+03	2.736E+03	4.745E+03
	Median	5.25E+03	5.28E+03	4.492E+03	9.365E+03	8.803E+03	3.698E+03	5.045E+03	4.228E+03	5.370E+03
	Worst	5.92E+03	6.11E+03	5.646E+03	1.017E+04	9.480E+03	4.624E+03	5.426E+03	5.993E+03	6.006E+03
	Mean	5.07E+03	5.25E+03	4.357E+03	8.940E+03	8.712E+03	3.722E+03	5.056E+03	4.208E+03	5.407E+03
	SD	5.65E+02	3.81E+02	6.414E+02	1.242E+03	5.463E+02	5.060E+02	1.747E+02	7.320E+02	3.363E+02
F10	Best	2.66E+01	2.66E+01	2.911E+01	3.336E+01	8.566E+03	8.437E+04	6.691E+02	1.048E+02	4.637E+02
	Median	2.70E+01	2.73E+01	1.038E+02	2.473E+02	5.394E+04	1.588E+05	9.105E+02	2.756E+03	6.892E+02
	Worst	2.80E+01	2.77E+01	1.011E+02	2.944E+03	2.811E+05	2.346E+05	2.290E+03	4.793E+04	1.304E+03
	Mean	2.71E+01	2.73E+01	1.645E+02	4.916E+02	8.159E+04	1.597E+05	1.073E+03	5.961E+03	7.193E+02
	SD	3.51E-01	2.90E-01	1.926E+02	6.275E+02	6.481E+04	4.048E+04	3.976E+02	9.588E+03	2.121E+02

Table 4: Comparison between ABaOA and classical algorithm on benchmark function (F10 – F20)

Functions		ABaOA	BaOA	dBA	BA	PSO	HS	CS	GA	DE
F11	Best	5.54E-03	2.03E+01	7.536E+01	4.799E+00	5.754E+02	2.960E+02	1.337E+02	1.112E+01	1.414E+02
	Median	2.03E-02	5.98E+01	1.561E+02	3.103E+01	1.108E+03	4.023E+02	2.190E+02	7.707E+06	1.879E+02
	Worst	3.12E-02	9.84E+01	2.506E+02	1.334E+02	1.616E+03	5.713E+02	3.009E+02	9.316E+08	2.352E+02
	Mean	2.02E-02	5.96E+01	1.515E+02	4.629E+01	1.054E+03	4.052E+02	2.214E+02	9.884E+07	1.937E+02
	SD	5.89E-03	1.54E+01	4.105E+01	3.971E+01	2.706E+02	6.898E+01	4.094E+01	2.076E+08	2.433E+01
F12	Best	5.76E-02	3.60E-02	7.448E-01	1.323E+00	6.914E+03	4.057E+04	1.059E+02	1.207E+01	2.650E+01
	Median	1.50E-01	2.22E-01	5.528E+00	2.187E+01	3.195E+04	7.688E+04	2.200E+02	1.836E+03	6.164E+01
	Worst	4.22E-01	5.13E-01	1.044E+02	9.385E+02	1.202E+05	1.282E+05	6.159E+02	3.631E+04	1.438E+02
	Mean	1.65E-01	2.44E-01	1.911E+01	1.181E+02	3.864E+04	7.853E+04	2.611E+02	6.494E+03	6.790E+01
	SD	7.69E-02	1.33E-01	2.917E+01	2.293E+02	2.495E+04	2.813E+04	1.384E+02	9.520E+03	2.559E+01
F13	Best	-1.29E+01	-9.26E+00	-2.094E+01	-9.637E+00	-1.307E+01	-1.477E+01	-1.673E+01	-2.473E+01	-1.259E+01
	Median	-1.18E+01	-7.44E+00	-1.470E+01	-8.037E+00	-9.785E+00	-1.396E+01	-1.444E+01	-2.154E+01	-1.123E+01
	Worst	-1.06E+01	-6.53E+00	-1.017E+01	-6.880E+00	-7.011E+00	-1.208E+01	-1.333E+01	-1.871E+01	-1.011E+01
	Mean	-1.17E+01	-7.58E+00	-1.495E+01	-8.179E+00	-9.620E+00	-1.376E+01	-1.455E+01	-2.186E+01	-1.121E+01
	SD	5.94E-01	5.99E-01	3.135E+00	6.847E-01	1.732E+00	7.115E-01	7.923E-01	1.793E+00	7.085E-01
F14	Best	0.00E+00	0.00E+00	1.344E+00	8.475E+00	2.180E+03	1.269E+04	1.778E+02	7.206E+01	2.073E+03
	Median	1.31E-11	0.00E+00	2.815E+01	4.501E+01	7.595E+03	3.006E+04	3.536E+02	1.455E+03	4.076E+03
	Worst	5.71E-05	2.58E-09	1.918E+02	7.523E+02	3.698E+04	5.492E+04	7.081E+02	6.457E+03	9.651E+03
	Mean	4.10E-06	5.08E-11	4.898E+01	1.695E+02	9.522E+03	3.091E+04	3.554E+02	2.093E+03	4.532E+03
	SD	1.12E-05	3.61E-10	5.028E+01	2.220E+02	7.144E+03	1.079E+04	1.311E+02	1.975E+03	1.861E+03
F15	Best	0.00E+00	0.00E+00	4.499E+01	1.382E+04	3.980E+07	6.110E+07	1.542E+08	1.474E+06	1.283E+05
	Median	0.00E+00	0.00E+00	3.283E+02	4.133E+05	7.507E+07	8.407E+07	3.709E+08	1.061E+07	2.388E+05
	Worst	0.00E+00	0.00E+00	2.518E+03	1.247E+07	1.557E+08	1.111E+08	6.179E+08	8.335E+07	3.528E+05
	Mean	0.00E+00	0.00E+00	4.926E+02	1.929E+06	8.307E+07	8.696E+07	3.760E+08	1.803E+07	2.392E+05
	SD	0.00E+00	0.00E+00	5.304E+02	3.115E+06	3.129E+07	1.489E+07	1.192E+08	2.213E+07	6.522E+04
F16	Best	0.00E+00	3.65E+00	3.462E-02	6.731E+00	1.609E+01	9.950E+00	1.112E+01	1.029E-01	1.271E+01
	Median	0.00E+00	1.21E+01	3.239E+00	1.505E+01	2.714E+01	1.437E+01	1.404E+01	7.002E-01	1.522E+01
	Worst	0.00E+00	1.56E+01	2.046E+01	2.832E+01	3.970E+01	1.846E+01	1.834E+01	4.277E+00	1.912E+01
	Mean	0.00E+00	1.19E+01	3.716E+00	1.647E+01	2.690E+01	1.433E+01	1.452E+01	1.305E+00	1.528E+01
	SD	0.00E+00	2.42E+00	4.409E+00	5.854E+00	6.382E+00	2.381E+00	1.746E+00	1.157E+00	1.682E+00
F17	Best	5.63E+01	5.47E+01	2.719E+01	3.067E+01	8.767E+00	2.230E+01	2.157E+01	2.534E+00	1.483E+01
	Median	6.18E+01	6.40E+01	3.085E+01	3.181E+01	3.105E+01	2.809E+01	2.788E+01	6.883E+00	2.232E+01
	Worst	7.51E+01	7.12E+01	3.320E+01	3.270E+01	3.283E+01	3.144E+01	2.988E+01	1.464E+01	2.805E+01
	Mean	6.24E+01	6.33E+01	3.053E+01	3.178E+01	2.885E+01	2.776E+01	2.718E+01	7.684E+00	2.276E+01
	SD	4.11E+00	3.65E+00	1.668E+00	4.720E-01	5.410E+00	2.174E+00	2.463E+00	3.387E+00	3.374E+00
F18	Best	3.40E+00	8.10E+03	1.131E+02	1.637E+02	5.202E+02	3.915E+02	2.564E+02	2.611E+02	2.948E+02
	Median	4.59E+01	2.22E+04	1.979E+02	2.550E+02	6.376E+02	7.343E+02	3.163E+02	3.582E+02	3.687E+02
	Worst	8.61E+01	3.90E+04	2.686E+02	4.179E+02	9.585E+02	1.137E+03	3.596E+02	6.594E+02	4.154E+02
	Mean	4.88E+01	2.22E+04	1.959E+02	2.651E+02	6.776E+02	7.305E+02	3.168E+02	3.621E+02	3.627E+02
	SD	1.83E+01	6.72E+03	3.767E+01	6.899E+01	1.252E+02	1.644E+02	2.533E+01	8.306E+01	3.236E+01
F19	Best	3.00E-05	7.11E+03	3.554E-01	5.082E-01	4.302E+02	6.724E+02	2.426E+01	9.307E+00	3.377E+00
	Median	4.39E-05	1.00E+04	1.328E+00	5.697E+03	9.703E+02	9.243E+02	4.450E+01	1.757E+02	5.082E+00
	Worst	5.88E-05	1.43E+04	2.357E+00	7.542E+03	2.292E+03	1.277E+03	8.646E+01	7.373E+02	8.308E+00
	Mean	4.40E-05	9.98E+03	1.417E+00	5.172E+03	1.009E+03	9.074E+02	4.591E+01	2.319E+05	5.193E+00
	SD	6.14E-06	1.54E+03	4.826E-01	1.981E+03	4.147E+02	1.325E+02	1.265E+01	1.940E+02	1.241E+00
F20	Best	0.00E+00	0.00E+00	3.861E+00	5.453E+00	5.735E+00	5.296E+00	5.729E+00	7.870E-01	2.769E+00
	Median	0.00E+00	0.00E+00	5.319E+00	5.964E+00	6.729E+00	5.877E+00	6.177E+00	2.228E+00	3.347E+00
	Worst	0.00E+00	0.00E+00	6.766E+00	6.693E+00	7.411E+00	6.838E+00	6.674E+00	3.680E+00	3.761E+00
	Mean	0.00E+00	0.00E+00	5.262E+00	6.019E+00	6.617E+00	5.946E+00	6.187E+00	2.064E+00	3.324E+00
	SD	0.00E+00	0.00E+00	7.905E-01	3.268E-01	5.041E-01	3.786E-01	2.475E-01	9.230E-01	2.582E-01

Table 6: Non-parametric statistical pairwise comparison results of ABaOA

ABaOA vs	BaOA	dBA	BA	PSO	HS	CS	GA	DE
<i>Wins/Loses</i>	14/1 ^a	17/3 ^a	18/1 ^a	19/1 ^a	16/3 ^a	17/3 ^a	16/3 ^a	19/1 ^a
<i>Sign test p-value</i>	0.001	0.003	7.6E-05	4.0E-05	0.004	0.003	0.004	4.0E-05
<i>Wilcoxon test p-value</i>	0.001	0.007	2.93E-04	1.89E-04	0.002	0.001	0.003	2.93E-04

^a Level of significant $\alpha = 0.05$.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the Base Optimization Algorithm (BaOA) which based on combination of basic arithmetic operators is adapted with two displacement parameters and two mutation operators. The introduced algorithm; Bi-Attempted Base Optimization Algorithm (ABaOA), explores the search space through the global optimum by using these two displacement parameters and two basic arithmetic operators only. The performance of ABaOA examined on twenty well-known classical benchmark functions. Experimental results are statistically analyzed with seven well-known metaheuristic algorithms by using Friedman and Wilcoxon non-parametric statistical comparisons. The statistical tests show that the introduced algorithm outperforms than the other metaheuristic algorithms and it is statistically significant. The ABaOA is a simple, quick and feasible search approach for both uni-modal and multi-modal numerical functions. When the computational complexity and the speed are the key point for an optimization, the ABaOA may be an alternative method for numerical optimization problems.

References

- Bednár, D., Lištjak, M., Slimák, A., & Nečas, V. (2019). Comparison of deterministic and stochastic methods for external gamma dose rate calculation in the decommissioning of nuclear power plants. *Annals of Nuclear Energy*, 134, 67-76.
- Campbell, S. D., Sell, D., Jenkins, R. P., Whiting, E. B., Fan, J. A., & Werner, D. H. (2019). Review of numerical optimization techniques for meta-device design. *Optical Materials Express*, 9(4), 1842-1863.
- Cao, Y., Lu, Y., Pan, X., & Sun, N. (2019). An improved global best guided artificial bee colony algorithm for continuous optimization problems. *Cluster computing*, 22(2), 3011-3019.
- Chakri, A., Khelif, R., Benouaret, M., & Yang, X. S. (2017). New directional bat algorithm for continuous optimization problems. *Expert Systems with Applications*, 69, 159-175.
- de Melo, V. V., & Banzhaf, W. (2018). Drone squadron optimization: a novel self-adaptive algorithm for global numerical optimization. *Neural Computing and Applications*, 30(10), 3117-3144.
- Deb, K., & Padhye, N. (2014). Enhancing performance of particle swarm optimization through an algorithmic link with genetic algorithms. *Computational Optimization and Applications*, 57(3), 761-794.
- Dorigo, M., & Blum, C. (2005). Ant colony optimization theory: A survey. *Theoretical computer science*, 344(2-3), 243-278.
- Holland, J. H. (1962). Outline for a logical theory of adaptive systems. *Journal of the ACM (JACM)*, 9(3), 297-314.

Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A comparative study of artificial bee colony algorithm. *Applied mathematics and computation*, 214(1), 108-132.

Liberti, L., & Kucherenko, S. (2005). Comparison of deterministic and stochastic approaches to global optimization. *International Transactions in Operational Research*, 12(3), 263-285.

Song, Y., Wang, F., & Chen, X. (2019). An improved genetic algorithm for numerical function optimization. *Applied Intelligence*, 49(5), 1880-1902.

Xing, B., & Gao, W. J. (2014). *Innovative computational intelligence: a rough guide to 134 clever algorithms* (Vol. 62, pp. 22-28). Cham: Springer international publishing.

Yadav, A., Sadollah, A., Yadav, N., & Kim, J. H. (2020). Self-adaptive global mine blast algorithm for numerical optimization. *Neural Computing and Applications*, 32(7), 2423-2444.

Zang, W., Ren, L., Zhang, W., & Liu, X. (2018). A cloud model based DNA genetic algorithm for numerical optimization problems. *Future Generation Computer Systems*, 81, 465-477.



Gri Kurt Optimizasyon Algoritması ile Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası Tasarımı

Sümeyya ARIKAN^{*}, Fatma LATİFOĞLU²

¹ Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7582-7537)

² Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2018-9616)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.960637)

ATIF/REFERENCE: Arkan, S. & Latifoğlu, F. (2021). Gri Kurt Optimizasyon Algoritması ile Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası Tasarımı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (26), 472-476.

Öz

Bu çalışmada alt bant kodlama, görüntü, video veya ses sıkıştırma, spektral tahmin, biyolojik sinyal işleme ve uyarlanabilir sinyal işleme gibi pek çok alanda kullanılan çok kanallı tek düze neredeyse mükemmel kosinüs modüleli süzgeç bankası (NPR CMFB) tasarlanmıştır. Bu amaç kapsamında prototip süzgeç sonlu darbe yanıtı süzgeç (FIR) yapısında tasarlanmıştır ve süzgeç katsayıları hedeflenen süzgeç bankasının tüm kanallarının frekans özellikleri kullanılarak gri kurt optimizasyon algoritması ve bu çalışma ile önerilen objektif fonksiyon kullanarak optimize edilmiştir. Süzgeç bankasının tasarlanması aşamasında amaç fonksiyon Tepe yeniden oluşturma hatası (PRE) ve hedeflenen süzgeç bankası ile tasarlanan süzgeç bankası arasındaki mutlak hatanın toplamı göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. Tasarlanan filtrenin performansı durdurma bandı kazancı ve PRE parametreleri ile ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyomedikal Sinyal İşleme, Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası, Gri Kurt Optimizasyon Algoritması.

Cosine Modulated Filter Bank Design with Gray Optimization Algorithm

Abstract

In this study, a multi-channel uniform almost perfect cosine modulated filter bank (NPR CMFB), which is used in many areas such as subband coding, image, video or audio compression, spectral prediction, biological signal processing, and adaptive signal processing, is designed. For this purpose, the prototype filter was designed in a finite pulse response filter (FIR) structure and the filter coefficients were optimized by using the frequency properties of all channels of the targeted filter bank using the gray wolf optimization algorithm and the objective function proposed in this study. In the design phase of the filter bank, the objective function has been obtained by considering the sum of the peak reconstruction error (PRE) and the absolute error between the targeted filter bank and the designed filter bank. The performance of the designed filter is demonstrated by the stopband gain and PRE parameters.

Keywords: Biomedical Signal Analysis, Cosine Modulation Filter Bank, Grey Wolf Optimization Algorithm

* Sümeyya ARIKAN: Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7582-7537), sumeyyaarikan@duzce.edu.tr

1. Giriş

Biyomedikal sinyaller, vücuttan elde edilen hücre, organ ve sistem düzeyinde bilgiler taşıyan sinyallerdir. Mevcut sinyal işleme teknolojisi birden çok alt bileşeni içeren kanallara sahip olan bu sinyallerde çoklu kanalların elde edilmesine izin verir. Alt kanalların fizyolojik anlamlı etkileşimlerini analiz etmek ek sinyal işleme zorluklarını beraberinde getirmektedir [1]. Bu zorlukları çözebilmek amacıyla çok kanallı sinyal işleme teknikleri geliştirilmiştir. En çok kullanılan çok kanallı sinyal işleme tekniği süzgeç bankalarıdır [2].

Bir süzgeç bankası, sinyali daha etkili filtrelemek için farklı örneklem oranında alt bantlara ayırarak analiz eder (analiz bankası) ve bu alt bantları tekrar sentezleyerek (sentez bankası) orijinal sinyali oluşturur [2-5]. Sinyallerin farklı frekans bantlarına ayrılarak her bir kanalda farklı işlem yapılmasına müsaade eden süzgeç bankaları birçok alanda uygulanmıştır [5-6]. Çok kanallı süzgeç bankaları, frekans bantlarını eşit örnekleme oranıyla düzenli ayırarak (UFB) veya farklı örnekleme oranlarıyla oluşturulan (NUFB) şeklinde tasarlanabilirler. Eşit olmayan frekans bantlarına ayırıcı NUFB esneklik sebebiyle birçok uygulamada tercih edilir fakat yüksek dereceli süzgeçlerde tasarımı zordur [7]. Çok kanallı süzgeç bankaları sinyalin yeniden oluşturma kabiliyetine göre ikiye ayrılır. Bunlardan ilki mükemmel yeniden oluşturma (PR) süzgeç bankasıdır. PR süzgeç bankalarında çıkış sinyali giriş sinyalinin bir kopyasıdır. PR biyomedikal sinyallerin sıkıştırılması ve yeniden genişletilmesi, görüntü işleme gibi birçok alanda önemli yer tutmaktadır. Bunun yanında ihtiyaç duyduğu süzgeçler sebebiyle hesaplama karmaşıklığı yüksektir ve bu süzgeçlerin hesaplaması verimli değildir. Hesap karmaşıklığının üstesinden gelmek amacıyla birçok uygulamada kullanılan neredeyse mükemmel (NPR) süzgeç bankaları giriş sinyalleri ile çıkış sinyalleri arasında hatanın olduğu tasarımlardır [8]. Neredeyse mükemmel süzgeç bankaları üç tip bozunmaya maruz kalır; örtüşme bozunumu (aliasing distortion), faz bozunumu (phase distortion), genlik bozunumu (amplitude distortion). Faz bozunumu, prototip süzgeçnin lineer faz özelliğine sahip süzgeçlerden seçilmesi ile minimize edilebilir. Örtüşme bozunumu fonksiyonu sıfıra yakınsatarak minimize edilebilir. Sıfır olması durumu PR tasarımlarda bulunur [9].

Literatürde süzgeç bankalarının biyomedikal sinyallerin analizinde kullanımına sıklıkla karşılaşılmaktadır. Sharma ve arkadaşları kalp krizi ile ilişkili EKG sinyalindeki kısa süre ve düşük büyüklükte değişiklikleri tespit edecek EKG tabanlı bir sistem kurmayı önermişlerdir. Tasarladıkları yeni iki bantlı optimal biorthogonal süzgeç bankası ile EKG sinyalleri altı alt banda ayırtmışlardır ve bu altı banttan istenilen tüm özellikleri elde etmişlerdir [10]. EKG sinyalinin analizi için Kumar ve arkadaşları uniform olmayan kosinüs modülasyonlu süzgeç

bankalarının (CMFB) tasarımı için basit bir yineleme tekniği sunulmuştur. Önerilen teknik, optimizasyon için tek bir parametre kullanmıştır. Prototip süzgeci, Kaiser, Cosh ve Exponential gibi farklı ayarlanabilir pencere fonksiyonları ve sonlu dürtü yanıtı (FIR) dijital süzgeç tasarım tekniği kullanılarak tasarlanmıştır. Bu yöntemde, süzgeç katsayılarını ayarlamak için kesme frekansı veya geçiş bantı kenar frekansı değiştirileceği, böylece yeniden yapılandırma hatası en aza indirilebileceği ortaya konmuştur [11]. Kalathil ve Elias dijital işleme cihazı uygulamaları için tek tip olmayan CMFB ile verimli ve basit tasarımları önerilmiştir. Çeşitli odyogram türleri için alt bantlar ve eşleştirme hatasının iyileştirilmiş performans aralıkları karşılaştırılmış, daha az uygulama karmaşıklığı ve ayarlama işleminde daha fazla esneklik sağlanmıştır [12]. EEG temelli önlemlerle depresyon tespit sisteminin geliştirilmesini amaçlandığı bir sistemde yeni tasarlanan bant genişliği süresi lokalize üç kanallı ortogonal dalgacık süzgeç bankası (OWFB) kullanılmıştır. EEG sinyali, en uygun altı uzunlukta bir OWFB kullanılarak altı dalgacık alt-bantlarına (WSB) ayrıştırılarak analiz edilmiş, depresyon sınıflandırmada ortalama sınıflandırma yüzdesine ulaşılmıştır [13]. Basit prototip süzgeç tasarımı ve ayrık kosinüs sinyali kullanılması avantajı sebebiyle birçok uygulama kosinüs modüleli süzgeç bankalarına odaklanmıştır [6-10]. Prototip süzgeç tasarımı CMFB nin en önemli basamağıdır. Dolayısıyla prototip süzgeç seçimi ve katsayılarının hesabı önemlidir. Gerçekleştirilen çalışmada prototip filtre CMFB na ait tüm kanalların frekans özellikleri kullanılarak yeni bir yaklaşımla optimize edilmiştir. Bu amaç kapsamında Kaiser penceresine ait beta parametresinin optimizasyonu ile prototip FIR filtre elde edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Kosinüs modüleli süzgeç bankası tek bir prototip süzgecin modülasyonu ile elde edilen tasarımının kolay ve verimli olması sebebiyle son yıllarda çokça tercih edilmektedir. Bu çalışmada düzenli neredeyse mükemmel yeniden oluşturma kosinüs modüleli süzgeç bankası tasarımı amaçlanmıştır. Tek-düze NPR CMFB nin prototip süzgeci FIR yapıda oluşturulmuş, ayrık kosinüs dönüşümü ile modülasyonu sağlanmıştır. Süzgeç katsayılarının optimizasyonu literatürdeki prototip süzgeç katsayılarının optimizasyonu kullanımlarından farklı olarak tüm süzgeç bankası frekans kanalları kullanılarak elde edilmiştir. FIR filtrenin beta parametresinin optimizasyonu için ise gri kurt optimizasyon algoritması kullanılmıştır.

2.1.1. Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası

M-kanallı süzgeç bankalarının özel bir alt sınıfı olan kosinüs modüleli süzgeç bankaları, giriş işaretinin $x(n)$ frekans spektrumunu M adet alt banda ayırır. M oranında örnek seyreltme yapılarak (analiz kısmı) elde edilen alt bantlar sayesinde daha verimli sinyal işleme, depolama ve veri iletimi için alt işlemlerin yapılmasını sağlamaktadır. Alt bant sinyali M oranında örnek artırma yapılarak sentez süzgecinden geçirilir ve giriş sinyali yeniden, $y(n)$, oluşturulmaktadır (Şekil 1).

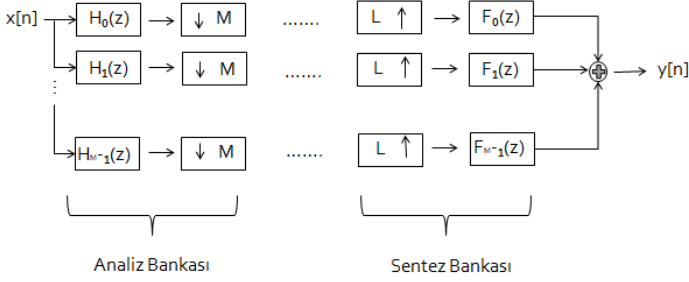
CMFB'lerde bir prototip süzgecin katsayılarının modülasyonu yapılarak $H_k(z)$ analiz süzgeçleri ve $F_k(z)$ sentez süzgeçleri elde edilir (Denklem 1-2)

$$h_k(n) = 2h(n)\cos\left[(2k+1)\frac{\pi}{2M}\left(n-\frac{N}{2}\right) + (-1)^k\frac{\pi}{4}\right] \quad (1)$$

$$f_k(n) = 2h(n)\cos\left[(2k+1)\frac{\pi}{2M}\left(n-\frac{N}{2}\right) - (-1)^k\frac{\pi}{4}\right] \quad (2)$$

$$0 \leq n \leq N-1, \quad 0 \leq k \leq M-1$$

Verilen eşitliklerde N süzgeç derecesini h(n) prototip süzgecin dürtü yanıtı katsayılarını vermektedir. Giriş sinyali ve çıkış sinyali arasındaki ilişki şu şekildedir [9]:



Şekil 1. M kanallı süzgeç bankası [4]

$$Y(z) = T_0(z)X(z) + \sum_{l=1}^{M-1} T_l(z) X\left(ze^{-\frac{j2\pi l}{M}}\right) \quad (3)$$

$$T_0(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z)H_k(z) \quad (4)$$

$$T_l(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z)H_k(ze^{-j2\pi l/M}) \quad l = 1, 2, \dots, M-1 \quad (5)$$

Yukarıda verilen eşitliklerde,

$$H_k(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h_k(n)z^{-n}, \quad F_k(z) = \sum_{n=0}^{N-1} f_k(n)z^{-n} \quad (6)$$

olup $T_0(z)$ bozulma transfer fonksiyonu (eşitlik 4) ve $T_l(z)$ örtüşme transfer fonksiyonudur (eşitlik 5) [9]. CMFB de aşağıdaki eşitlik kullanılırsa mükemmel yeniden oluşturma mümkündür [10]:

$$|H_0(e^{j\omega})|^2 + |H_0(e^{j(\omega-\pi/M)})|^2 = 1, \quad 0 < \omega \leq \pi/M \quad (7)$$

Bu eşitlik eğer $\omega = \pi/2M$ olarak değerlendirilirse;

$$|H_0(e^{j\pi/2M})|^2 + |H_0(e^{j(\pi/2M-\pi/M)})|^2 = 1,$$

$$|H_0(e^{j\pi/2M})| = 0.707 \quad (8)$$

Bir NPR prototip süzgeç tasarımı yukarıdaki şartlar yaklaşık olarak gerçekleştirildiğinde sağlanır. Küçük genlik ve örtüşme bozulmalarına izin veren NPR tasarımı, PR süzgeç bankasına oranla önemli ölçüde geliştirilmiş durdurma bandı performansı sağlamıştır [14].

Prototip süzgeç tasarımında sonlu dürtü yanıtı ve sonsuz dürtü yanıtı (IIR) süzgeçler kullanılmaktadır. IIR süzgeçler düşük derecelerde gerçekleştirilebilmesi sebebiyle avantajlı olmasına rağmen kararlılık ve doğrusal olmayan faz yanıtına sahip olması gibi dezavantajlarına sahiptir. Ancak FIR süzgeçler daima kararlı olma ve doğrusal faz yanıtına sahip olma avantajları sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

FIR süzgece ait dürtü yanıtı ($h[n]$) aşağıda verilen eşitlikte tanımlanmaktadır.

$$h[n] = \sum_{k=0}^{N-1} b_k \delta[n-k] \quad (9)$$

Bu eşitlikte b_k FIR süzgeç katsayılarını göstermektedir ve N ise süzgecin derecesini göstermektedir. FIR süzgeç tasarımı amaçlı literatürde çeşitli yöntemler bulunmakta olup bu yöntemler arasında en yaygın olan yöntem pencere fonksiyonu kullanarak pencerelenmiş FIR süzgeç tasarımıdır [15]. Pencerelenmiş FIR süzgeç tasarımına ait dürtü yanıtı Denklem 10 da verilmektedir.

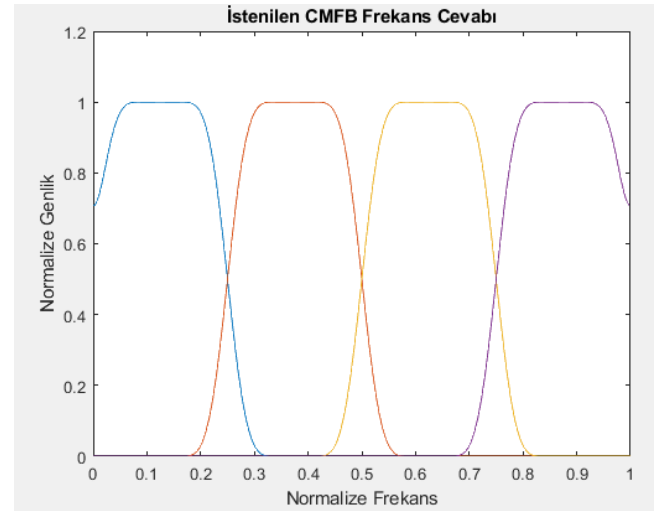
$$h_w[n] = h_d[n]w_k[n] \quad (10)$$

Pencerelenmiş FIR süzgeç tasarımında ise parametreleri ayarlanabilen FIR süzgeç tasarımı esnek yapıya sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada Kaiser penceresi kullanarak prototip filtre tasarlanmıştır. Kaiser penceresi Denklem 11 da ifade edildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$w_k[n] = \frac{I_0(b_k \sqrt{1 - (\frac{2n}{N-1})^2})}{I_0(b_k)} \quad |n| \leq (N-1)/2 \text{ için} \quad (11)$$

Verilen eşitlikte N pencere uzunluğunu, b_k ayarlanabilir bağımsız parametreyi (beta parametresi) ve $I_0(x)$ sıfır dereceli birinci tür geliştirilmiş Bessel fonksiyonunu göstermektedir.

Bu çalışmada prototip FIR filtre Kaiser penceresine ait beta parametresi ayarlanarak, Şekil 2 de görüldüğü gibi tasarlanması planlanan CMFB ve tasarlanan süzgeç bankası arasındaki mutlak hatanın toplamı ve PRE minimize edilmeye çalışılarak tasarlanmıştır.



Şekil 2. Tasarlanması planlanan süzgeç bankası frekans cevabı

CMFB tasarımında kullanılan amaç fonksiyonuna ait eşitlik aşağıda yer almaktadır.

$$e_f = PRE + \sum_{i=1}^M |Hd_i(e^{j\omega}) - Ho_i(e^{j\omega})| \quad (12)$$

Eşitlik 12 de verilen $Hd_i(e^{j\omega})$ i inci kanala ait istenen frekans yanıtı ve $Ho_i(e^{j\omega})$ i inci kanala ait elde edilen frekans yanıtıdır.

2.1.2. Gri Kurt Optimizasyon Algoritması

Gri kurt optimizasyon algoritması, besin zincirinin en üstünde yer alan gri kurtların (canis lupus) liderlik ve avlanma hiyerarşisinden yola çıkarak oluşturulmuş bir sürü tabanlı metasezgisel optimizasyon algoritmasıdır. 5-10 bireylik sürülerden oluşan gri kurtların liderlik hiyerarşisini taklit etmek için dört gri kurt grubu bulunmaktadır. Bunlar hiyerarşinin tepesinde yer alandan aşağıya doğru; alfa(α), beta(β), delta (δ) ve omega (ω) olarak adlandırılırlar. Kurtların avlanma alışkanlıkları benzetiminde ise av arama, avı kuşatma ve ava saldırma adımları uygulanmaktadır [16]. Gri kurtlar avlarına ait yerleri belirler ve alfa kurt öncülüğünde kuşatır. GWO da omega kurdu bulunmamaktadır ve soyut arama alanında avın yeri hakkında bilgi olmadığı için azalan sırada alfa (en iyi çözüm), beta ve delta kurtlarının avın potansiyel yeri hakkında bilgiye sahip olduğu varsayıp en iyi üç çözüm olarak kaydedilir. Kurtların konumu bu ilk üç çözüme göre belirlenir [17].

GWO algoritmasının kaba kodu şu şekildedir [18]:

- Başlangıç popülasyonunu ayarla
- Uygunluk fonksiyonlarını hesapla, ilk üç çözümü α , β , δ olarak kaydet
- while (iterasyon sayısı < maximum iterasyon sayısı)
 - $\bar{\alpha}$ yı azalt
 - for (her gri kurt için)
 - α , β , δ vektörlerini oluştur
 - Mesafe vektörlerini hesapla
 - Deneme vektörlerini hesapla
 - Gri kurdun durumunu güncelle
 - En kötü kurdu ele, yerine yeni bir kurt üret
 - Seçilen kurtları güncelle, yinelemeyi bir artır
 - end while
 - Alfa kurdu döndür

2.1.3. Tasarım Parametreleri

Kosinüs modüleli süzgeç bankası tasarımı MATLAB ortamında Intel Core 2.2 GHz işlemcili 8 GB RAM e sahip bilgisayarda yapılmıştır. Süzgeç bankasına ait prototip süzgeç FIR süzgeç, GWO algoritması ile tasarlanmıştır. Süzgeç bankası 4 kanallı tekdüze neredeyse mükemmel yeniden oluşturma yöntemine göre hazırlanmıştır. Önerilen CMFB farklı süzgeç derecelerinde gerçekleştirilmiştir. Kaiser penceresine ait beta parametresi GWO algoritması ile optimize edilmiştir. Ayrıca literatürde yaygın olarak kullanılan Parks McClellin algoritması kullanarak elde edilen CMFB'nin performans sonuçları ile GWO tabanlı CMFB performansları kıyaslanmıştır. Süzgeç bankasının performans değerlendirilmesinde A_s durduma bandı kazancı ve PRE yeniden oluşturma hatası kullanılmıştır:

$$A_s = -20 * \log_{10} |H_0(\omega)| \quad \omega = \omega_s \quad (12)$$

olup, ω_s burada durdurma bandı frekansıdır. Gerçekleştirilen çalışmada ω_s durdurma bandı frekansı prototip filtrenin normalize frekans yanıtının 0.001 değerine düştüğü frekans değeri olarak tanımlanmıştır. PRE için ise aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$PRE = \max \{10 * \log \left(\sum_{i=1}^M |H_0(e^{j\omega})|^2 \right)\} \quad (13)$$

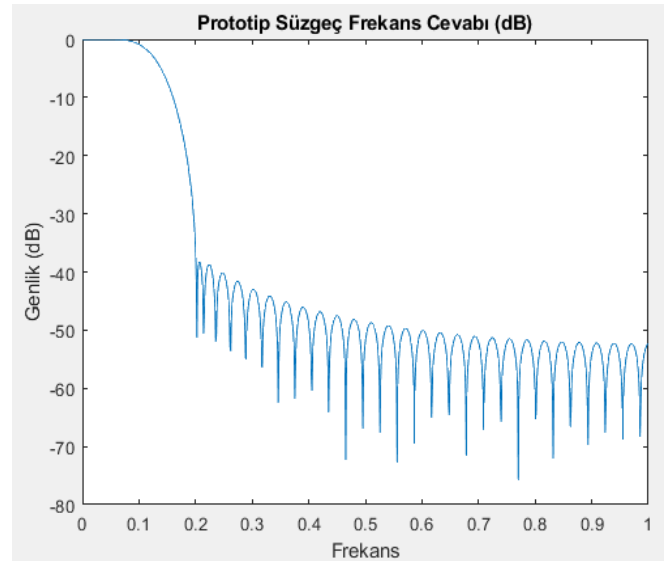
Burada M kanal sayısını ve $H_0(e^{j\omega})$ CMFB na ait kanalların frekans yanıtını göstermektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

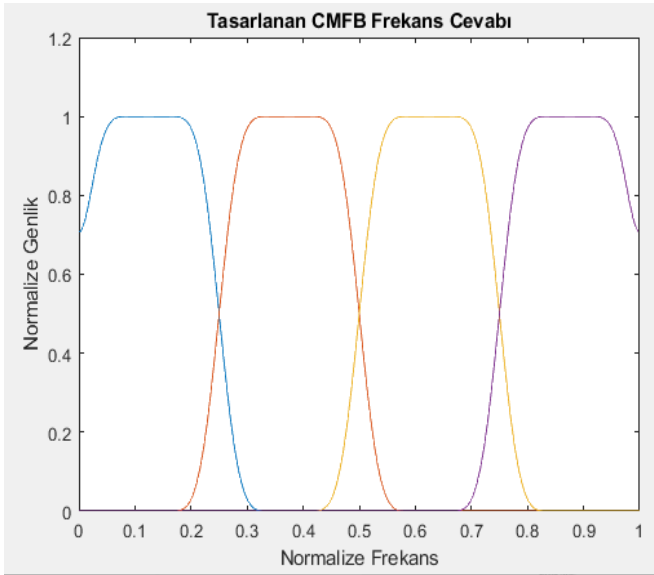
3.1. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada GWO algoritmasıyla tasarlanan 4 kanallı tekdüze neredeyse mükemmel CMFB; 20, 32, 64 ve 128 süzgeç derecelerine göre değerlendirilmiştir. Önerilen tasarım Parks McClellin algoritmasıyla tasarlanan CMFB ye ait performans parametreleriyle kıyaslanmıştır. Tablo 1 de verilen her bir N derecesi için elde edilen A_s ve PRE değerlerine bakıldığında GWO tabanlı CMFB'nin performansının literatürde yaygın olarak kullanılan Parks McClellin algoritmasıyla tasarlanan CMFB na göre oldukça yüksek performanslı olduğu ortaya konulmuştur. Süzgeç derecesi 64'ü geçtiğinde durdurma bandı kazancı önemli derecede arttığı görülmektedir.

Aşağıda N=64 derecesiyle tasarlanan süzgeç bankasına ait prototip FIR süzgeç grafiği (Şekil 3.a) ve tasarlanan dört kanallı CMFB süzgeç grafiği (Şekil 3.b) gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre beta parametresi optimize edilmiş Kaiser penceresi ile tasarlanan CMFB na ait performans parametreleri A_s ve PRE değerleri sırasıyla 20 dereceden filtre için 41.8980 ve 5.6696e-05, 32. Dereceden filtre için 49.5920 ve 3.2624e-05, 64. Dereceden filtre için 83.1566 ve 5.4547e-08, 128. Dereceden filtre için 111.3054 ve 7.8623e-05, 256. Dereceden filtre için 109.4588 ve 4.3889e-05 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde GWO tabanlı CMFB'nin yüksek performanslı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 64. Dereceden prototip süzgeç frekans cevabı



Şekil 4. Tasarlanan CMFB süzgeç frekans cevabı

Tablo 1. Parks McClellin ve Önerilen algoritma kullanılarak elde edilen 4 Kanallı CMFB performans parametreleri

N	Parks McClellin		GWO (Önerilen metod)	
	A_s (dB)	PRE	A_s (dB)	PRE
20	24.3229	0.0314	41.8980	5.6696e-05
32	25.0655	1.5420	49.5920	3.2624e-05
64	24.7415	1.0307	83.1566	5.4547e-08
128	24.8004	0.8022	111.3054	7.8623e-05
256	31.9243	0.6886	109.4588	4.3889e-05

Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimince desteklenmiştir (Proje numarası: FDK-2019-8760)

Kaynakça

1. Kutz, M. (2003). *Standard handbook of biomedical engineering and design* (p. 2). New York: McGraw-Hill.
2. Milic, L. (2009). *Multirate filtering for digital signal processing: MATLAB applications* (First Edition). Information Science Reference
3. Mitra, S., M. (2006) *Digital signal processing: a computer-based approach* (Third Edition). McGraw Hill Higher Education.
4. Vaidyanathan, P. P. (1993). *Multirate systems and filter banks*. Pearson Education India.
5. Dolecek, G. J. (Ed.). (2017). *Advances in Multirate Systems*. Springer.

6. Chandra, S., Sharma, A., & Singh, G. K. (2019). Computationally Efficient Cosine Modulated Filter Bank Design for ECG Signal Compression. *IRBM*.
7. Sharma, I., Kumar, A., & Singh, G. K. (2016). Adjustable window based design of multiplier-less cosine modulated filter bank using swarm optimization algorithms. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 70(1), 85-94.
8. Kumar, A., & Kuldeep, B. (2012). Design of M-channel cosine modulated filter bank using modified Exponential window. *Journal of the Franklin Institute*, 349(3), 1304-1315.
9. G. Özdemir And N. Karaboğa, "Uniform cosine modulated filter banks - a new cascade method based on window functions," *Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University*, vol.35, pp.403-418, 2019
10. Sharma, M., San Tan, R., Acharya, U. R. A novel automated diagnostic system for classification of myocardial infarction ECG signals using an optimal biorthogonal filter bank. *Computers in biology and medicine*. 2018.
11. Kumar, A., Singh, G. K., Anurag, S. An optimized cosine-modulated nonuniform filter bank design for subband coding of ECG signal. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 27(2), 158-169, 2015.
12. Kalathil, S., & Elias, E. (2015). Efficient design of non-uniform cosine modulated filter banks for digital hearing aids. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 69(9), 1314-1320
13. Sharma, M., Achuth, P. V., Deb, D., Puthankattil, S. D., Acharya, U. R. An automated diagnosis of depression using three-channel bandwidth-duration localized wavelet filter bank with EEG signals. *Cognitive Systems Research*, 52, 508-520. 2018
14. Viholainen, A., Saramaki, T., Renfors, M. (1999, September). Nearly perfect-reconstruction cosine-modulated filter bank design for VDSL modems. In *ICECS'99. Proceedings of ICECS'99. 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems* (Cat. No. 99EX357) (Vol. 1, pp. 373-376). IEEE.
15. Latifoğlu, F., (2020). A novel singular spectrum analysis-based multi-objective approach for optimal FIR filter design using artificial bee colony algorithm. *Neural Computing & Applications*, vol.32, no.17, 13323-13341.
16. Das, P., Das, A. (2020, December). Adaptive Gabor Filtering using Grey Wolf Optimization for Enhancement of Brain MRI. In *2020 IEEE International Women in Engineering (WIE) Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)* (pp. 356-359). IEEE.
17. Wang, J. S., Li, S. X. (2019). An improved grey wolf optimizer based on differential evolution and elimination mechanism. *Scientific reports*, 9(1), 1-21.
18. Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46-61.



Zero Flow Rate Detection of Ultrasonic Water Meter Using Machine Learning Techniques

Alkım Gökçen^{*}, Bahadır Yeşil²

^{1*} BAYLAN Water Meters, Department of Research and Development, Izmir, TURKEY, (ORCID: 0000-0002-8131-388X), a.gokcen@baylanwatermeters.com

² BAYLAN Water Meters, Department of Research and Development, Izmir, TURKEY, (ORCID: 0000-0002-9622-2593), b.yesil@baylanwatermeters.com

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.961090)

ATIF/REFERENCE: Gökçen, A. & Yeşil, B. (2021). Zero Flow Rate Detection of Ultrasonic Water Meter Using Machine Learning Techniques. European Journal of Science and Technology, (26), 477-481.

Abstract

This paper presents a classification-based method to detect false-positive ultrasonic sensor measurements when the flow rate is zero while the pipeline is full of water caused by the physical disturbances in flow metering. Due to the outlined disturbances, these false-positive readings of the meters may cause the wrong billing. To overcome this problem, ultrasonic sensor measurements are collected as timeseries data at variously different water flow rates. Numerical and statistical measures of the timeseries are computed to construct an input-output relation. Hence, the feature extraction process is performed. For the modeling phase, both zero flow rate and non-zero flow rate parts of the dataset, and its corresponding features are labeled. Logistic Regression (LR), Support Vector Machine (SVM), and Linear Discriminant Analysis (LDA) algorithms are employed to classify the flow status in the MATLAB environment. Model performances are compared in terms of accuracy, sensitivity, specificity, and precision. For the investigation of the availability of the implementation of an embedded system, model complexities are discussed. Selected model parameters are embedded in a water meter, and consumption values are compared to a water meter without the detection algorithm in the same test bench underfilled pipeline with zero flow rate condition. To simulate the physical disturbance conditions, and observe the effect of the false-positive detection algorithm on flow metering, the flow pipeline is vibrated periodically. Consumption loggings of the water meters are tabled, model performance results are discussed, and test results are shared. According to the results, the radial basis kernel SVM algorithm performs better in terms of all metrics. LR algorithm is employed for the real plant experiment when its model complexity is considered.

Keywords: Flow Metering, False positive detection, Ultrasonic sensor measurement, Classification, Machine Learning.

Makine Öğrenmesi Tekniklerini Kullanarak Ultrasonik Su Sayacının Duragan Su Tespiti

Öz

Bu çalışma, akış hattının su ile dolu olduğu ve akışın sıfır olduğu durumlarda fiziksel bozucu etkilerden kaynaklı yanlış-pozitif ultrasonik sensör okumalarının sınıflandırma tabanlı tespit metodu sunulmaktadır. Özetlenen bozucu etkiler nedeniyle bu sayaç yanlış-pozitif okumaları yanlış faturalandırmaya sebep olabilir. Bu sorunu aşmak için, ultrasonik sensör ölçümleri farklı su akış hızlarında zamanseri verileri olarak toplandı. Verilerin nümerik ve istatistiksel ölçümleri, bir giriş/çıkış ilişkisi kurmak adına hesaplanmıştır. Bu nedenle, nitelik çıkarma işlemleri yapılmıştır. Modelleme fazında akışın olup/olmadığı her iki durum için veriler ve denk geldikleri nitelikler etiketlenmiştir. Lojistik regresyon (LR), Destek Vektör Makineleri (DVM), ve lineer diskriminant analizi (LDA) algoritmaları akış durumlarını sınıflandırmak amacıyla MATLAB ortamında kullanılmıştır. Model başarımları doğruluk,

* Alkım GÖKÇEN: a.gokcen@baylanwatermeters.com

hassasiyet, özgüllük ve kesinlik performans metrikleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca algoritmaların gerçek sistem çalışmalarında uygulanabilirliği model kompleksiteleri incelenerek tartışılmıştır. Seçilen model bir su sayacına uygulanmış, ve tüketim ölçümleri algoritmanın uygulanmadığı bir başka sayaç ile ayı test masasında karşılaştırılmıştır. Fiziksel bozucu etkilerin benzetimi için akış hattı düzenli olarak titreştirilmiştir. Sayaçların tüketim kayıtları tablolanmış, model performansları tartışılmış ve sonuçlar paylaşılmıştır. Sonuçlara göre, radyal tabanlı DVM algoritması bütün metrikler anlamında en iyi sonucu vermiştir. Model karmaşıklığı açısından oldukça basit olan LR algoritması gerçek sistem çalışması için seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akış ölçümü, Yanlış pozitif tespiti, Ultrasonik sensör ölçümü, Sınıflandırma, Makine öğrenmesi.

1. Introduction

Occurrence of anomaly and/or fault is a widely encountered situation in the real-world sensor measurement applications including the fields of medicine (Chauhan and Vig, 2015), biomedical (Jha et al., 2013), automotive (Capriglione et al., 2003), chemical process (Russel et al., 2012) and physical process (Amaral et al., 2015). Among these areas, measurement of the water flow using the piezoelectric materials is one of the commonly used methods (Kroemer, et al., 2019). Due to the speed of sound in the water medium is increased dramatically, water flow measurement using piezoelectric materials becomes challenging (Tawackolian et al., 2013). Furthermore, the detection of anomalies and/or faults is important for the sake of measurements, due to the possible disturbance factors. These can be arranged in to three as electromagnetic noise effects, ultrasonic aftershock wave reflection effects on the internal pipe line walls, and physical effects such as water hammer or externally occurred ones that cause the vibration and instant displacements.

Related works in the literature are investigated (Loureiro et al., 2016; Wu et al., 2016; Wang et al., 2020; Mounce et al., 2010; Palau et al., 2012; Mounce and Machell, 2006; Romano et al., 2010). A flow monitoring system is designed, and an outlier region definition-based algorithm is employed to detect anomalous of flow by Loureiro et. al. (2016). Wu et. al. (2016) developed a clustering-based detection algorithm which considers historical data of district flow area, and investigated the clustering performance on anomaly detection. Wang et. al. (2020) proposed to use a deep learning model which considers the extracted features of flow to predict the flow rate, and employed a thresholding method to detect bursts in the pipelines. An online flow rate modeling artificial neural network (ANN) based approach is proposed by Mounce et al. (2010) to detect bursts on a server where the flow rate data is received. Palau et. al. (2012) proposed to use principal component analysis to detect the bursts in water networks by investigating separation of the variation of the hourly collected flow data on the server. An Auto-regressive-integral-moving-average (ARIMA) type model is trained by considering the delayed-flow data and seasonality variables to model flow behavior, and an ANN-based classification algorithm is employed to detect bursts in the distribution system by Mounce and Machell (2006). Romano et. al. (2010) performed a Wavelet-based data pre-processing to train an ANN model which predicts the flow in water distribution system, and empolyses a thresholding method to detect possible leakage.

In this study, Time-of-Flight Difference (TOF-Diff) measurements are collected as a timeseries dataset using Time-to-Digital Converter (TDC). TOF-Diff dataset behavior is investigated and features are extracted by using the statistical methods on the MATLAB environment. Necessary pre-processing methods are carried out, and parameter

determinations are performed. Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM) using both linear and Radial Basis kernel (RBK) and Discriminant Analysis methods are implemented to extract features to classify that the water is flowing or not. Model performances are compared and analyzed by investigating the performance metrics accuracy, specificity, sensitivity and precision. To test the algorithm on the real-plant application, an appropriate model for the embedded system on the water meter is selected considering not only the performance but also the model complexity. Two water meters, one is with the detection algorithm, flow readings are logged and the results are discussed.

Remaining parts of the paper are organized as follows: In Section 2, obtain dataset is explained. Firstly, statistical measures, which are computed for feature extraction process, are explained. Afterward, pre-processing procedure of the dataset is covered. Machine Learning models (ML) and traning procedures are explained briefly. Section 3 presents the train-test-validation phases, and model performance evaluations. Considered performance evaluation metrics are explained, and train/test results are shared. Real system experiment procedure is explained in Section 3 also. Inferences of the study are evaluated and possible future directions of the work are given in Section 4.

2. Material and Method

In this part of the study, necessary informations about dataset, preprocessing, and ML models are given.

2.1. Dataset

The dataset is collected over a TDC kit GP22-Development Kit produced by Acam-Messelectronic gmbH (Zuo et al, 2020). TOF data is processed in the GP22-EVA-KIT software, and logged to the computer. TOF-Diff value is logged with a sampling time of 0.1 seconds. By changing the water flow rate manually in an interval of 0-600 L/h, TOF-Diff values are collected as a timeseries data.

2.2. Feature Extraction

In this part of the paper, numerical and statistical methods are employed to obtain useful data used as features of the model (Tefai et al., 2020). These considerations of the feature extraction are Absolute Mean, Absolute Sample Difference, Standard Deviation, Skewness, Kurtosis and Squared-RMS Level. For a timeseries vector of 1-by-n, related methods can be computed as:

$$Absolute\ Mean = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_j| \quad (1)$$

$$\text{Sample Difference} = \frac{1}{N} \sum_{i=2}^N |x_i - x_{i-1}| \quad (2)$$

$$\text{Standard Deviation} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

$$\text{Skewness} = \frac{N}{(N - 1)(N - 2)} \sum_{j=1}^N \left(\frac{x_j - \bar{x}}{S}\right)^3 \quad (4)$$

$$\text{Kurtosis} = N \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

$$\text{Squared RMS Level} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i|^2 \quad (6)$$

2.3. Feature Extraction

Normalization of the dataset is performed to increase the convergence performance and the training speed (Jo, 2019). For this purpose, the unity normalization method is used. The normalization method that ranges the inputs-output pairs in to 0-1 interval is as shown:

$$\hat{x}_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (7)$$

where \hat{x}_i is the normalized timeseries.

2.4. Machine Learning Models

Supervised learning is a method that constructs a numerical expression between input and output pairs (Gökçen and Şahin, 2019; Taşören et al., 2020). LR is a widely used supervised ML algorithm that performs binary classification (Chen et al., 2019). LR is a statistical model that learns probabilistic behavior of a system, and performs binary regression using Logistic function. LR model can be described as the following equation:

$$y = h(W^T X + b) \quad (8)$$

$$h(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (9)$$

$$y = h(W^T X + b) \quad (8)$$

$$h(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (9)$$

where $h(x)$ is the hyperbolic tangent (Logistic) function, W is the $n - by - 1$ matrix, X is the $n - by - m$ feature matrix, b is the bias term, n is the number of regressors and m is the sample size. Optimal model parameters of W and b are computed using gradient descent optimization algorithm with momentum term (Liu et al., 2019).

To be able to identify a hyper-plane on the sample space, SVM algorithm considers a quadratic constrained optimization problem (Elmaz et al., 2020). The characteristic of this hyper-plane is defined by a function called kernel. SVM model and kernel functions can be described as:

$$f(x) = a_i K(x_i, x) + b \quad (10)$$

$$K(x_i, x_j) = x_i^T x_j \quad (11)$$

$$K(x_i, x_j) = e^{-\|x_i - x_j\|^2} \quad (12)$$

where $a_i (i = 1, 2, 3 \dots n)$ is the constant weights and, b is the bias term and $K(x_i, x_j)$ is the kernel function. In this work, both linear and RBK function is used to classify the ultrasonic measurements.

The goal of the Linear Discriminant Analysis (LDA) is to find a linear relation of the features that describes the classes of a given data-set using statistical measures (Li et al., 2020). It estimates the probability of input (feature) belonging to a class by maximizing the ratio of between class variance and within class variance. Increasing this ratio provides a separable sample space for each class. LDA considers the covariances of the classes of the dataset where the discriminant function can be explained as:

$$\delta_k(x) = x^T Q^{-1} \mu_k - 1 - \frac{1}{2} \mu_k^T Q^{-1} \mu_k + \log \pi_k \quad (13)$$

where subindex k represents each class, μ represents the means of the classes, π is the prior probability of membership in a class, x is the vector includes samples, and Q represents the covariance matrix.

K-fold cross validation is employed for the train-test procedures of the dataset. This method is used to assess the predictive performance of the models and calculate how they perform outside of the training data (Elmaz et al., 2019). The dataset is divided into K equal parts, and a model is trained for $K - 1$ part, and the remaining part of the dataset is used to test the trained models. In this work, K-fold cross validation method is used for $K = 10$.

3. Results and Discussion

In this part of the paper, related model achievements are investigated considering the model performance metrics. Also, a developed method is employed for test procedure on a test bench.

3.1. Modeling Results

Necessary model training procedures are performed in the MATLAB environment. Table 1 indicates that the performance metrics evaluations for each constructed model.

Table 1. Model performance metrics.

	Accuracy		Precision		Sensitivity		Specificity	
	Train	Test	Train	Test	Train	Test	Train	Test
Logistic Regression	99.3%	98.7%	0.9815	0.9839	0.9876	0.9839	0.9941	0.9880
Linear Kernel SVM	99.6%	99.4%	0.9817	0.9818	1.0000	0.9939	0.9941	0.9941
RBK SVM	98.4%	99.6%	0.9934	0.9878	0.9379	0.9939	0.9980	0.9961
LDA	91.6%	99.4%	0.9817	0.9818	1.0000	0.9939	0.9941	0.9941

Table 2. Test bench readings.

Time (min)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	175
SW1 (L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SW2 (L)	0.000	0.007	0.011	0.012	0.015	0.017	0.019	0.019	0.021	0.022	0.023	0.036

According to the results given in Table 1, employed model have close performances interns of all metrics. RBK-based SVM model has better accuracy performance on test scores. Evaluation of precision and specificity metrics indicates that RBK-based SVM model has better performance which means that this model is more succesfull on true-positive and true-negative cases. Evaluation of sensitivity metric depicts that the linear hyperplane-based models are expressively successful in detecting true positive data points. Although all methods are close performances, LR-based classification method will be employed for the test procedure due to the its less model complexity, ease of implement and less memory requirement.

3.1. Real Plant Test

Two water meters are connected on the test bench, and meters are labeled as “WM1” and “WM2”. Zero water flow rate detection algorithm is embedded in WM1, and WM2 is used with the default measurement mode. During the test bench study, a case, where the flow rate is zero while the pipeline is full of water, is realized. WM1 and WM2 readings are logged periodically as 15 minutes, and are as shown in Table 2. It may be said that the false-reading of the ultrasonic sensor caused by the physical disturbances can be easily detected by the proposed method. Although the reading differences are in tolerable region, it might be a significant difference for long term usages. In either case, larger amplitude disturbance effects might be removed.

4. Conclusions and Recommendations

In this work, a developed method for the detection of zero flow rate case false-positive ultrasonic sensor measurements of a water meter system is presented. A TDC module is used, and TOF-Diff samples are collected as timeseries to generate a dataset. For a predetermined window length, related statistical and numerical measures are computed and features are determined. To increase the model performances and training speed, a normalization method is applied to the dataset. Different ML algorithms are implemented, and performance metrics

accuracy, sensitivity, specificity and precision are computed to compare the model performances. Despite the SVM classifier performing better, other model performances are sufficient to detect water flow status. Thus, Logistic regression-based detection algorithm is selected for the real plant implementation work due to the model simplicity. Readings of a water meter with the embedded detection algorithm are compared to another simultaneously, and results are tabled. It is observed that the detection algorithm may detect the false-positive sensor measurements under zero flow rate conditions. Also, measurement due to the disturbances, such as external physical effects, can be detected by these methods according to the results. By this way, it might prevent not only the over-read bills of water consumptions, but also losses in utilities including the physical escape of water from the pressurized piping system as leakage. As a future direction, a method that detects true-negative measurements may be developed. Also, reinforcement learning based detection algorithms might be a new way of a research area for the measuring systems.

References

Chauhan, S., & Vig, L. (2015, October). Anomaly detection in ECG time signals via deep long short-term memory networks. In *2015 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)* (pp. 1-7). IEEE.

Zhang, M., Raghunathan, A., & Jha, N. K. (2013). MedMon: Securing medical devices through wireless monitoring and anomaly detection. *IEEE Transactions on Biomedical circuits and Systems*, 7(6), 871-881.

Capriglione, D., Liguori, C., Pianese, C., & Pietrosanto, A. (2003). On-line sensor fault detection, isolation, and accommodation in automotive engines. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 52(4), 1182-1189.

Russell, E. L., Chiang, L. H., & Braatz, R. D. (2012). *Data-driven methods for fault detection and diagnosis in chemical processes*. Springer Science & Business Media.

Amaral, G. C., Garcia, J. D., Herrera, L. E., Temporao, G. P., Urban, P. J., & von der Weid, J. P. (2015). Automatic fault detection in WDM-PON with tunable photon counting OTDR. *Journal of Lightwave Technology*, 33(24), 5025-5031.

Kroemer, H., Oefelein, W., & Huenenberger, P. (2019). *U.S. Patent No. 10,458,824*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Tawackolian, K., Büker, O., Hogendoorn, J., & Lederer, T. (2013). Calibration of an ultrasonic flow meter for hot water. *Flow Measurement and Instrumentation*, 30, 166-173.

Loureiro, D., Amado, C., Martins, A., Vitorino, D., Mamade, A., & Coelho, S. T. (2016). Water distribution systems flow monitoring and anomalous event detection: A practical approach. *Urban Water Journal*, 13(3), 242-252.

Wu, Y., Liu, S., Wu, X., Liu, Y., & Guan, Y. (2016). Burst detection in district metering areas using a data driven clustering algorithm. *Water research*, 100, 28-37.

Wang, X., Guo, G., Liu, S., Wu, Y., Xu, X., & Smith, K. (2020). Burst detection in district metering areas using deep learning method. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(6), 04020031.

Mounce, S. R., Boxall, J. B., & Machell, J. (2010). Development and verification of an online artificial intelligence system for detection of bursts and other abnormal flows. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(3), 309-318.

Palau, C. V., Arregui, F. J., & Carlos, M. (2012). Burst detection in water networks using principal component analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 138(1), 47-54.

Mounce, S. R., & Machell, J. (2006). Burst detection using hydraulic data from water distribution systems with artificial neural networks. *Urban Water Journal*, 3(1), 21-31.

Romano, M., Kapelan, Z., & Savić, D. A. (2010). Real-time leak detection in water distribution systems. In *Water Distribution Systems Analysis 2010* (pp. 1074-1082).

Zuo, J., Luan, C., & Zhang, Y. (2020, June). TDC-GP22 high-precision time measurement based on FPGA and linear regression mapping. In *2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)* (Vol. 1, pp. 1284-1289). IEEE.

Tefai, H. T., Saleh, H., Tekeste, T., Alqutayri, M., & Mohammad, B. (2020, October). ASIC Implementation of a Pre-Trained Neural Network for ECG Feature Extraction. In *2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)* (pp. 1-5). IEEE.

Jo, J. M. (2019). Effectiveness of normalization pre-processing of big data to the machine learning performance. *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, 14(3), 547-552.

Gökçen, A., & Şahin, S. (2019, October). Design of chaotic system based pacemaker on field programmable analog array board. In *2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.

Taşören, A. E., Gökçen, A., Soydemir, M. U., & Şahin, S. Artificial Neural Network-Based Adaptive PID Controller
e-ISSN: 2148-2683

Design for Vertical Takeoff and Landing Model. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 87-93.

Chen, W., Sun, Z., & Han, J. (2019). Landslide susceptibility modeling using integrated ensemble weights of evidence with logistic regression and random forest models. *Applied sciences*, 9(1), 171.

Liu, Y., Gao, Y., & Yin, W. (2020). An improved analysis of stochastic gradient descent with momentum. *arXiv preprint arXiv:2007.07989*.

Elmaz, F., Büyükçakır, B., Yücel, Ö., & Mutlu, A. Y. (2020). Classification of solid fuels with machine learning. *Fuel*, 266, 117066.

Li, H., Zhang, L., Huang, B., & Zhou, X. (2020). Cost-sensitive dual-bidirectional linear discriminant analysis. *Information Sciences*, 510, 283-303.

Elmaz, F., Yücel, Ö., & Mutlu, A. Y. (2019). Evaluating the Effect of Blending Ratio on the Co-Gasification of High Ash Coal and Biomass in a Fluidized Bed Gasifier Using Machine Learning. *Mugla Journal of Science and Technology*, 5(1), 1-12.



Tekstil Sektörü için ROS Destekli Otonom Mobil Robot Geliştirilmesi

Eylül Özer^{1*}, Burak İner²

¹ Birfen Elektrik Elektronik San. ve Tic. Ltd. Şti., Yalova, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7468-5810), eylul.ozer@birfenelektrik.com.tr

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0933-654X), binner@kocaeli.edu.tr

(3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications June 11-13, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.961670)

ATIF/REFERENCE: Özer, E. & İner, B. (2021). Tekstil Sektörü için ROS Destekli Otonom Mobil Robot Geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 482-487.

Öz

Tekstil sektöründe endüstriyel fabrikalardaki ürün yerden yükseltilmiş kutu içinde taşınır. Maksimum 300 kg ağırlıkta olan bu kutuların, fabrika ortamında otonom bir şekilde taşınması için yükü üzerine alacak şekilde tasarlanmış bir robot mekaniğine ihtiyaç vardır. Tekstil sektörü için tasarlanan endüstriyel mobil robotlarda hedefe hassas yaklaşım yapılmadan önce hedefe minimum hata ile yaklaşma önemli bir konudur. Yaklaşma hataları sebepleri fiziksel ve/veya yazılımsal olabilir. Bu çalışma, tekstil sektöründe bitmiş ürün ve malzemeleri fabrika ortamında taşımak için kullanılacak doğal navigasyon ile yönlendirilen diferansiyel sürüş tipli AMR'nin (Otonom Mobil Araç) geliştirmeye ve robotun hedefe yaklaşma hatalarının tespitine yönelik metodu içerir. Yaklaşma hata miktarı sebeplerini, simülasyon ortamında ve gerçek ortamda karşılaştırılarak bulmak için çalışma metodu önermektedir. Bu sebepler arasında, testlerin yapıldığı zeminde gözle görülmeyen farklılıklar, mekanik imalatta meydana gelebilecek hatalar, global ve local planner parametreleri bulunmaktadır. Çalışma, Linux üzerinde ROS (Robot İşletim Sistemi) ile gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, Gazebo sanal dünya, gerçek ortam ölçüleri dae formatında alınarak config ve sdf dosyaları ile oluşturulmuştur. ROS kullanılarak, Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama (SLAM) gerçekleştirilmiştir. Safety Laser Scanner sensörü kullanılarak için her iki ortam için harita oluşturulmuştur. Haritalama metodu için , gmapping seçilmiş ve iki ortam için ayrı haritalar oluşturulmuştur. Lokalizasyon için amel (Adaptive Monte Carlo Localization) kullanılmıştır. Robotun aynı konumdaki hedeflere sonsuz bir döngü içerisinde gitmesi sağlanmıştır. Global ve local planner parametreleri değiştirilerek testler tekrarlanmıştır. Tüm uygulamalar başarıyla gerçekleşmiştir. Hedefe yaklaşma hataları /odom konusuna abone olarak gelmesi gereken nokta ve geldiği nokta arasındaki fark ölçülerek hesaplanmıştır. Her iki dünya için ayrı hesaplamalar yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, simülasyon değerlerinin daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Bu sayede mekanik tasarım üzerinde tahmin edilen hatalar üzerinde durulmuştur. Odometri hesaplamasında kullanılan merkez ile robotun ağırlık merkezinin aynı ekseninde olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otonom sistem, Mobil robot, Gazebo, ROS

Tekstil Sektörü için Otonom Mobil Robot Sistem Değerlendirilmesi

Abstract

In the textile sector, the product in industrial factories is transported in an elevated box from the ground. A robot mechanic designed to take the load is needed for these boxes, which have a maximum weight of 300 kg, to be transported autonomously in the factory environment. In industrial mobile robots designed for the textile industry, it is important to approach the target with minimum error before making a precise approach to the target. Causes of approach errors can be physical and/or software. This study includes the method for the development of the differential driving type AMR (Autonomous Mobile Robot) guided by natural navigation, which will be used to transport the finished products and materials in the factory environment in the textile industry, and the detection of the approach errors of the robot to the target. It proposes a working method to find the causes of the approximation error amount by comparing them in the simulation environment and the real environment. Among these reasons, there are invisible differences in the ground where the tests are made, errors that may occur in mechanical manufacturing, global and local planner parameters. The study was carried out with ROS (Robot Operating System) on Linux. First, Gazebo virtual world was created with real environment dimensions in dae format with config and sdf files. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) was performed using ROS. A map was created for both environments using the Safety Laser Scanner sensor. For the mapping method, gmapping was chosen and separate maps were created for the two environments. Amcl (Adaptive Monte Carlo Localization) was used for localization. It is ensured

* Sorumlu Yazar: eylul.ozer@birfenelektrik.com.tr

that the robot goes to the targets at the same location in an endless loop. The tests were repeated by changing the global and local planner parameters. All applications have been carried out successfully. Errors in approaching the target were calculated by measuring the difference between the point that should be reached by subscribing to the topic /odom and the point where it came from. Separate calculations were made for both worlds and the results were compared. As a result, it has been determined that the simulation values are more successful. In this way, the estimated errors on the mechanical design are emphasized. It has been determined that the center used in the odometry calculation and the center of gravity of the robot are not on the same axis.

Keywords: Autonomous system, mobile robot, Gazebo, Ros

1. Giriş

Otonom Mobil Robotlar dördüncü sanayi devriminin getirdiği sensör ve işlem gücünü yapay zekâ ile birleştirerek otomatik yönlendirmeli araçlardan çok daha esnek, çok daha verimli ve çok daha entegre bir çalışma yöntemi sunmaktadır. Çalışacakları alanın doğal navigasyon (natural navigation) olarak adlandırılan yöntemle önceden haritalama işlemini yaptıkları için bant, şerit, kablo ya da ray gibi hiçbir altyapı yatırımına gerek duymamaktadır. Ayrıca doğal navigasyon fabrika ortamında yapılacak değişikliklere de kolayca adapte olabilmektedir. Böylece faaliyet gösterdikleri tesislerde maliyetlerin düşürülmesinde ve verimlilik artışında önemli bir role sahiptir.

Literatürde robot tasarımı ve ROS desteğinin gerçekleştirilmesi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Hem donanım mimarisini hem de elektronik iletişim protokolleri dikkate alınarak ROS destekli diferansiyel sürüş sistemine sahip, tek kart bilgisayar odaklı iç mekanlar için otonom bir mobil robot geliştirilmiştir. 2 boyutlu iç mekanlar için robotun verilen görevleri yerine getirdiği ifade edilmiştir fakat hata miktarlarından bahsedilmemiştir[1].

Gazebo simülasyon ortamında diferansiyel sürüş tekniğine sahip otonom bir mobil robot gmapping SLAM algoritması kullanılarak haritalama işlemi gerçekleştirilmiş ve robotun verilen görev noktalarına ulaşabilmesi için geçen zamanı hesaplamışlardır. Bu çalışma gerçek bir robot üzerinde denemesi yapılmayan sadece simülasyon ortamında bir çalışma olarak yapılmıştır[2].

Diğer bir çalışmada[3] ise hem Gazebo simülasyon ortamında hem de hazır bir robotik platform olan Turtlebot 3 mobil robotunda yerel planlayıcıların performansları robotun konumu ve oryantasyonu ile seyahat süresi için doğruluk ve tekrarlanabilirlik metriklerine göre karşılaştırılmıştır. Test edilen tüm planlayıcıların gereksinimleri karşıladığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada ise araştırma geliştirme için kullanılan Turtlebot 3 robotu kullanılmış, özelleştirilmiş bir mobil robot tasarımı, imalatı yapılmadığından tasarım ve imalata özel hatalar tespit edilememiştir.

Bu çalışmada, tekstil fabrikalarındaki ortam koşullarına uyum sağlayacak şekilde, maksimum 300 kilogram yükü üzerine alarak taşıyan diferansiyel sürüş sistemine sahip otonom mobil robot mekaniği tasarlanmıştır ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Lokalizasyon, haritalama ve navigasyon işlemlerini gerçekleştirilebilmek için ROS paketi geliştirilmiştir. Alt seviye donanımlar için ROS'un sunduğu fonksiyonların içerikleri donanıma özel olduğundan bulunmamaktadır. ROS sadece arayüz fonksiyonlarının başlıklarını sunar. Bu donanımların kontrolü için sunulan arayüzlerin içeriğinin doldurulması gerekmektedir. Kullanılan donanımlara özel iletişim protokolleri, donanımların haberleşme hızları gözönüne alınarak alt seviye fonksiyonlar yazılmıştır.

Gerçek robot üzerinde çalışmalar yapılmadan önce simülasyon ortamı olarak Gazebo'da çalışmalar yürütülmüştür.

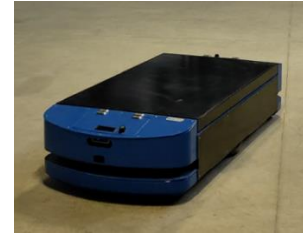
Gazebo, donanımlar arasındaki etkileşimi simüle etmek için kullanılmıştır. Gazebo ve ROS'un beraber çalıştırılabilmesi için robotun tüm mekanik ve donanım unsurları xml tabanlı URDF (Universal Robot Description Format) dosyalarında oluşturulmuştur. Bu dosyalar ile birlikte Gazebo için yapılandırma dosyaları oluşturularak ortam modeli sanal ortamda çalıştırılmıştır. Gazebo, sensör gürültüsünü modellediğinden sanal ortamda gerçeğe yakın bir ortam sunmaktadır.

ROS, aynı düğümün sanal ve gerçek dünyada çalıştırılmasına olanak sağlar. Yaklaşma hatalarının tespiti için, verilen 3 nokta arasında toplam 5 döngüde gerçekleştirilen hedefe gitme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu durum, iki dünyayı karşılaştırarak robotun hedefe yaklaşma toleransını neden geçmiş olabileceği konusunda bilgi vermiştir. Yapılan tüm çalışmalar başarıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda, planlayıcı parametreleri değiştirildiğinde hedefe yaklaşma başarısının değişmediği, sanal ortamda işlemin başarı ile gerçekleştiği görülmüştür. Çalışma sonucunda mekanik imalattaki hatalar tespit edilmiştir. Fabrika içerisinde gerekli lojistiğin sağlanabilmesi için otonom mobil robotun ürüne yaklaşma başarısını etkileyen bir çok faktör bulunmaktadır. Bunlar zeminde gözle görülmeyen seviye farklılıkları, mekanik imalat hataları gibi fiziksel nedenler olabileceği gibi planlayıcı parametrelerinden de kaynaklanabilmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Donanım

Bu çalışmada, Şekil 1'de gösterilen diferansiyel sürüş sistemine sahip 300 kg yükü üzerine alarak taşıyan, tekstil fabrikalarındaki ortam koşullarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış mobil robot mekaniği kullanılmıştır. Bu mekanik üzerine sistem konfigürasyonu sağlanarak Allen Bradley Micro 850 PLC, endüstriyel pc, enkoderler, Sick Microscan3 Pro safety alan tarayıcı, Realsense derinlik kamerası, Realsense takip kamerası ve motor sürücüler kullanılmıştır.



Şekil 1: Diferansiyel AMR

2.1.1. Endüstriyel PC

Endüstriyel pc'ler, tekstil fabrikalarında bulunan aşırı sıcaklık, toz, nem gibi etmenlerden, titreşim ve enerji dalgalanmalarından etkilenmeyecek şekilde tasarlanan bilgisayarlardır. I7 işlemcili, linux işletim sistemine sahip endüstriyel pc üzerine ROS işletim sistemi kurularak kameralar, safety lazer scanner gibi sensörlerden ve PLC haberleşmeleri sağlanarak manual ve otonom kontrol sağlanabilir.

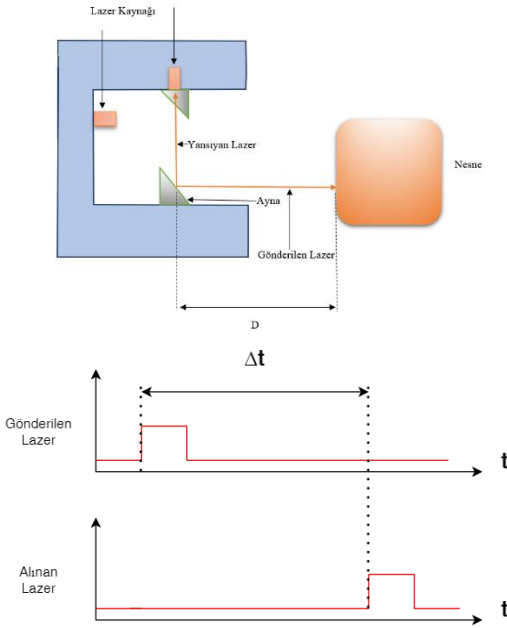
2.1.2. Allen Bradley Micro 850 PLC

Bu uygulamada, Şekil 5'te gösterilen endüstriyel ortam koşullarında çalışabilen Allen Bradley Micro 850 PLC kullanılmıştır. Micro 850 PLC, üzerinde bulunan 14 input, 10 output girişlerine bağlanan enkoder bilgilerini Modbus haberleşmesi üzerinden endüstriyel peye aktarır.

Bu çalışmada, Micro 850 PLC ve endüstriyel pc'nin modbus üzerinden haberleşmesi için C dilinde yazılmış olan libmodbus kütüphanesi ROS ortamında derlenmiştir. 16, 32 ve 64 bitlik tüm data tipleri encode ve decode işlemleri gerçekleştirilerek ROS ortamından Micro 850 PLC'ye okuma ve yazma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.3. Sick MicroScan3 Pro Safety Laser Scanner

Laser scannerlar, yüzeylere yansıtıkları kızılötesi lazer ışınlarının, nesneye çarptıktan sonraki dönüş süresini ölçme ilkesiyle çalışırlar. Laser scanner düzenli ve çok kısa aralıklarla kızılötesi ışın yayılımı yapar. Kızılötesi lazer ışını menzildeki nesneye çarparak geri döner. Laser scanner, yansıyan ışını içerisindeki döner ayna ile alır. Laser scanner, kızılötesi ışının iletiildiği ve alındığı an ile arasındaki zaman aralığına göre nesneye olan mesafeyi hesaplar. Şekil 2'te laser scannerın basit olarak nasıl çalıştığı gösterilmektedir.



Şekil 2: Safety Laser Scanner Mesafe Ölçümü

Bu uygulamada yağlı ve tozlu ortamlara özel olarak üretilen, yağlı ve tozlu ortamlardan ve fabrikalarda oluşabilecek matkaplı kesme testeresi kıvılcımlarına dayanıklı Sick Microscan3 Pro ürünü kullanılmaktadır.

2.1.4. Realsense Deeping Camera, Realsense Tracking Camera

Intel RealSense D435i, diğer tüm Intel kameraların arasında en geniş görüş alanına sahip ve hızlı hareket eden uygulamalar için ideal olan derinlik sensörüdür. Geniş görüş alanı, sahnenin mümkün olduğunca çok görmesinin hayati derecede önemli olduğu robotik gibi uygulamalar için mükemmeldir. 10 metreye

kadar menzile sahip bu küçük form faktörlü kamera, herhangi bir çözüme kolaylıkla entegre edilebilir.

Intel Realsense T265 Tracking Kamera ise balık gözü kamerasına sahip olması ve özellik takibi (feature tracking) için SDK sunması nedeniyle bu kamera da bu çalışmada kullanılmaktadır.

2.1.5. Enkoder

Enkoder (Sinyal üretici), bir milin dönme ya da ötelenme hareketine karşılık, sayısal bir elektrik sinyali üreten elektromekanik bir mekanizmadır. Bu kodlayıcılar konum, sayım, hız veya yönü belirlemek için geri bildirim sinyali gönderir. Enkoderler, sinyal oluşturabilmek için mekanik, manyetik, optik ve dirençli sistemlerini kullanır. [4] Pozisyon ve konum belirleme uygulamalarında 2 tip enkoder kullanılır. Bunlar mutlak ve artımlı enkoderlerdir.

Bu uygulamada artımlı enkoderler kullanılmaktadır. Artımlı enkoder kullanılması sebebi Dead Reckoning algoritmasında artımlı enkoder verilerinin kullanılmasıdır. Bu çalışmada, Dead Reckoning algoritması, Diferansiyel AMR'nin mevcut konumunu hesaplama ve ardından geçen süre boyunca hız, rota yönü ve rota tahminlerini dahil etmek için kullanılmaktadır.

2.1.6. Motor Sürücü

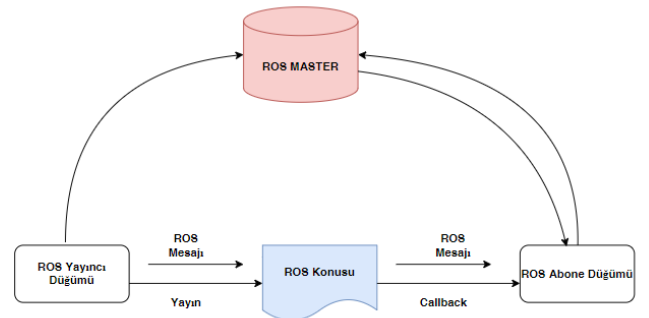
Motor sürücü, temel sabit frekanslı, sabit voltajlı sinüs dalgası gücünü, motorların hızını kontrol etmek için kullanılan değişken frekanslı, değişken voltajlı bir çıkışa dönüştürür. Bu çalışmada motorların hız bilgisi PLC tarafından motor sürücülere aktarılmaktadır.

2.2. Yazılım

Bu bölümde işletim sistemi, simülasyon ortamı ve ROS görselleştirme platformundaki görselleştirme araçlarıyla ilgili bilgiler dahil olmak üzere yazılım uygulaması açıklamıştır.

2.2.1. ROS

Şekil 3'da gösterildiği gibi, Ros işletim sistemi birbiriyle publisher/subscriber modelini kullanarak haberleşen düğümlerden oluşur. Düğümler işlem yapabilen birimlerdir.[6] Düğümlerin haberleşebilmeleri ve birbirlerinden haberdar olabilmeleri için Ros Master'a ihtiyaç vardır. Ros Master merkezi bir XML-RPC sunucusudur. İnsanların anlayabileceği dilde mesajları barındıran ağ tabanlı bir yapıdır.[7]. Düğümler Ros Mastera kaydedilir ve kayıtlı düğümler arasında haberleşme gerçekleşir. Düğümler haberleşmeyi konular(topic) yayınlayıp bu konulara abone olarak gerçekleştirir.[8] Ayrıca bir düğüm birden fazla konuya abone olup birden fazla konu yayınlayabilir.



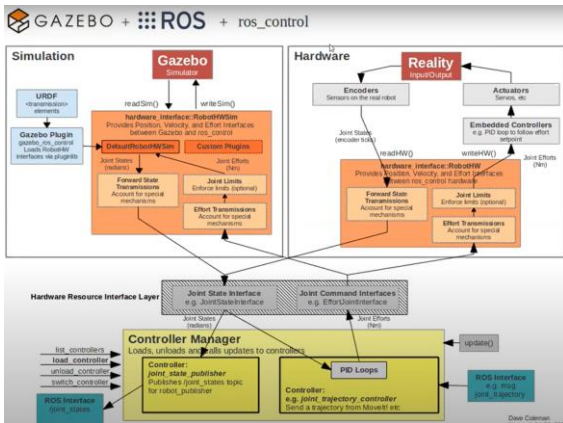
Şekil 3: ROS Çalışma Prensipleri

2.2.2. Gazebo

Gazebo, dış mekanlarda ve iç mekanlarda çalışan çoklu robotlar için geliştirilmiş bir üç boyutlu simülasyon programıdır. Birçok sensörü, nesneyi ve nesne ile robot arasındaki etkileşimi simüle etme yeteneğine sahiptir. Server-client mimarisi ile çalışan bir programdır. Server(Gzserver) somut işlevleri yaparken Client(Gzclient) kullanıcının isteklerinin yerine getirilmesi ve simülasyonun görsele aktarılmasını sağlar. Gazebo programının yüklenmesiyle beraber veritabanından birçok model, robot ve nesneye ulaşmamıza imkân sağlar. Aynı zamanda sadece veritabanındaki robotlarla sınırlı kalmayıp, kendi robot ve dünyamızı yaratma imkânı bize tanınmıştır. Robotların Gazebo simülasyon ortamı ve Ros ile birlikte çalışabilmesi için Urdf dosyasına ve gazebo yapılandırma dosyalarına ihtiyacı vardır. Bu yapılandırma dosyaları ile gerçeğe yakın bir simülasyon ortamı elde edilir. Ros gazeboya entegre edilmiştir ve gazebo simülasyon ortamıyla tam uyumlu çalışmaktadır. Bu sayede projenin prototip aşamasında ROS paketi haline getirilen geliştirilen veri yapısını test etmek için Gazebo simülasyon ortamı hızlı bir geliştirme için kullanılacaktır [5].

2.2.3. ROS Control

ROS Control, farklı eyleyicilere (aktüatör) göre robotların ROS ile etkileşime girebilmesi için geliştirilmiş bir API'dir. APIlere erişim sağlayan ve kaynak çalışmalarını ele alan basit bir yönetici arayüzü; eklemlerin donanım sınırlamasını bilen ve aktüatörlere gönderilen komutların limitleri arasında olmasını sağlayan bir güvenlik arabirimi gibi özellikleri sunabilmektedir. Ros Control tek başına donanım kontrolünün nasıl uygulanacağını (örneğin motorlara akım gönderme) veya donanım durumunun nasıl okunacağını bilmediğinden, Ros Control yönergelerine göre kod yazılarak donanımın kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, pozisyon, hız ve yörünge gibi durumların kontrol edilmesi için Ros Control'e robotun ve robot eklemlerinin mevcut durum bilgilerinin sağlanması gerekir. Şekil 4'de simülasyon ortamında ve gerçek ortamda, simülasyon donanım, kontrolörler ve aktarımlar arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 4: Ros Control Prensipleri [7]

2.2.4. Rviz

Rviz, Ros uygulamaları için bir 3D görselleştirme ortamıdır. Robot modelinin görünümünü sağlamanın yanı sıra sensör bilgilerinin kaydedilmesi ve görselleştirilmesi, geliştirme ve hata ayıklama için önemli bir araçtır. Robotun ne gördüğünü ve ne yaptığını görmemizi sağlar. Resimler ve point cloud verileri dahil olmak üzere kameradan, lidarlardan, 3D ve 2D cihazlardan gelen verileri görüntüleyebilir. Ayrıca Rviz navigation stack ile beraber kullanılabilir. Rviz gui araçları ile robotun başlangıç pozisyonu

belirlenebilir, aynı zamanda harita üzerinden belirlenen bir hedef noktasına hareket etmesi sağlanabilir. Navigasyon sırasında robot tarafından yapılan yol planı da rviz üzerinden görüntülenebilir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Gazebo Sanal Ortamın Oluşturulması

Bu çalışmada, diferansiyel AMR üzerinde kullanılan safety laser scanner, kameralar, tekerlekler ve enkoderler ile robot arasındaki etkileşimi simüle etmek için üç boyutlu simülasyon programı Gazebo kullanılmıştır. Gazebo sensör gürültüsünü modellediğinden gerçeğe yakın bir ortam yaratır. Gerçek ortamın birebir ölçüler ile oluşturulan modelinin dae formatı alınarak model.sdf ve model.config dosyaları oluşturulmuştur. Ortamın model dosyasının yanı sıra ortamdaki masa vb. gibi statik nesnelerin de dae dosyası model.sdf ve model.config dosyaları oluşturularak Gazebo ortamında gerçek konumlarına eklenmiştir. Oluşturulan bu dünya hatasız bir şekilde Gazebo ortamında açılmaktadır.

Gazebo'nun ROS ile beraber çalışabilmesi için robotun tüm unsurlarının açıklandığı XML tabanlı bir URDF (Universal Robot Description Format) dosyası ve Gazebo için yapılandırma dosyaları oluşturulmuştur.

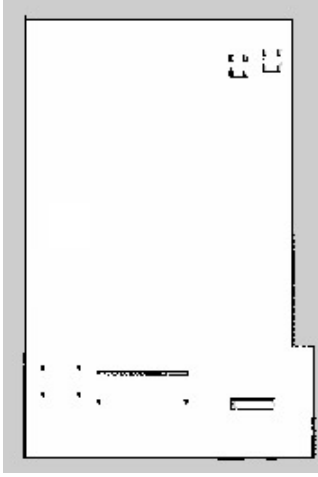
Diferansiyel AMR'nin mekanik tasarım bilgilerine göre kaldırma sistemi, ana tekerlekler, avare tekerlekler, kameralar ve safety laser scanner robot üzerindeki konumlarına göre URDF dosyaları oluşturulmuştur. URDF dosyası oluşturulurken robot ile ilişkili ekipmanların eklem, bağlantı yerleri doğru bir biçimde konumlandırılması gerekmektedir.

Donanım arabirimleri, ROS Control tarafından donanım komut göndermek ve almak için ROS controller'lerden biriyle bağlantılı olarak çalışmaktadır. Komut gönderilecek her eklem için eklem türüne göre controller için yaml dosyaları yazılmıştır. Yaml dosyaları içerisinde oluşturulan controllerlar sayesinde prismatic, revolute gibi eklemler için eklem limitleri, continuous gibi eklemler için hız limitleri vb., robotun maksimum ve minimum hızı ve diferansiyel sürüş tekniğine özel veriler parametre olarak alınarak Diferansiyel AMR sanal ortamda hareket etmeye hazır hale getirilmiştir.

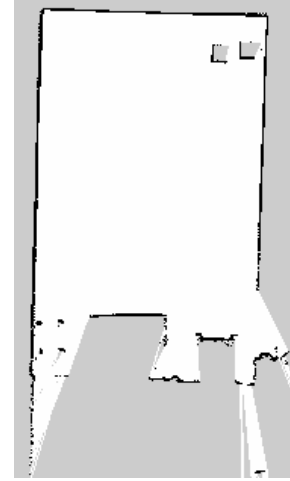
3.2. Gerçek ve Sanal Ortamda Otonom Sürüş

Gerçek ve sanal ortamda otonom sürüş gerçekleştirmek için her iki ortamda da harita çıkarılmıştır. Sanal ortamda çıkarılan harika Şekil 5'te ve gerçek ortamda çıkarılan harita Şekil 6'da gösterilmiştir. Gerçek ortamda hedef noktalar belirlenerek zemine işaretleme yapılmıştır. Gerçek ve sanal ortam sahneleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Aynı işaretlemeler, işaretlerin birbirlerine ve engellere olan mesafeleri hesaplanarak sanal ortamda zemin olarak eklenmiştir.

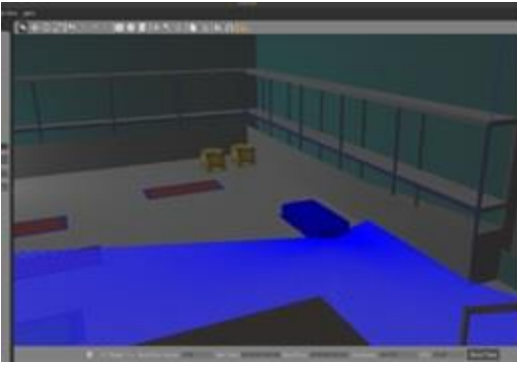
Diferansiyel AMR'nin belirlenen noktalar arası gezmesi için düğüm oluşturulmuştur. Oluşturulan bu düğüm 10 cm toleranslı olarak robotun girilen hedeflere sırasıyla gitmesini, konuma vardığında 10 saniye beklemesini sağlamaktadır. Sonsuz döngü içerisinde robotu gezdirerek hedefe her ulaştığında sapmaları tespit etmek, sapmaların sebebinin mekanik tasarımdan, zeminden ve/veya config dosyalarındaki parametrelerden kaynaklanıp kaynaklanmadığını tespit etmek amaçlanmıştır. Her iki dünyada da aynı düğüm çalıştırılarak uzun süre çalıştırma testleri yapılmıştır.



Şekil 5: Sanal Ortamda Çıkarılan Harita



Şekil 6: Gerçek Ortamda Çıkarılan Harita



Şekil 7: Sanal ve Gerçek Ortamlarda Hedefe Yaklaşma Karşılaştırılması

4. Sonuç

Gerçek ve sanal ortamda çalıştırılan aynı ROS düğümü ile 3 nokta arası gezinme işlemi gerçekleştirilmiştir. Tablo-1’de gerçek ortamda ve sanal ortamda hedefe yaklaşma hataları gösterilmiştir.

Tablo 1. Sanal ve Gerçek Ortamda Yapılan Teste Göre Yaklaşım Hata Miktarları

		1.Hedef Hata (cm)	2.Hedef Hata (cm)	3.Hedef Hata (cm)
GERÇEK ORTAM	1.Tur	1	6	9
	2.Tur	0	6	9
	3.Tur	1	9	11
	4.Tur	0	8	12
	5.Tur	1	11	13
SANAL ORTAM	1.Tur	2	3	3
	2.Tur	0	2	5
	3.Tur	0	2	9
	4.Tur	0	5	11
	5.Tur	7	10	11

Mekanik imalattan kaynaklı sorunlar tespit edilmiştir. Elde edilen bu bilgiler doğrultusunda, max vel theta parametre değeri düşürüldüğünde ve config dosyası içerisinde inflation, yaw tolerance & xy tolerance parametrelerinin değerleri

değiştirildiğinde yaklaşma hataları bir miktar düzeldiği görülmüştür. Bu düzelmeye rağmen hata miktarları Tablo-1’de gösterildiği gibi gerçek ortamdaki hata miktarları simülasyon ortamındaki hata miktarlarından daha fazladır. Bu sorunun odometri hesaplamasında kullanılan merkez ile robotun ağırlık merkezinin aynı eksende olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, soruna gerçek ortamdaki zemindeki seviye farklılıklarının da sebep olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Köseoğlu, M., Çelik, O. M., & Pektaş, Ö. (2017). Design of an autonomous mobile robot based on ROS. IDAP 2017 - International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium. <https://doi.org/10.1109/IDAP.2017.8090199>
- [2] R. Kannan Megalingam, C. Ravi Teja, S. Sreekanth, and A. Raj, “ROS based Autonomous Indoor Navigation Simulation Using SLAM Algorithm,” Int. J. Pure Appl. Math., vol. 118, no. 7, pp. 199–205, 2018.
- [3] Cybulski, B., Wegierska, A., & Granosik, G. (2019). Accuracy comparison of navigation local planners on ROS-based mobile robot. 12th International Workshop on Robot Motion and Control, RoMoCo 2019 - Workshop Proceedings, 104–111. <https://doi.org/10.1109/RoMoCo.2019.8787346>
- [4] <https://www.makyapelektronik.com/blog/encoder-nedir-kullanim-alanlari-nelerdir> Ziyaret Tarihi: 16.05.2021

- [5] <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/ros-nedir-robot-operating-system/> Ziyaret Tarihi:20.05.2021
- [6] <https://devnot.com/2020/ros-robot-operating-system-nedir> Ziyaret Tarihi:20.05.2021
- [7] <https://ozguradem.net/turkish/coding/2015/03/10/ros-robot-operation-system-nedir/#:~:text=ROS%20Master%2C,da%20di%C4%9Fer%20keyfi%20verileri%20kaydeder.> Ziyaret Tarihi:21.05.2021
- [8] https://raw.githubusercontent.com/osrf/gazebo_tutorials/master/ros_control/Gazebo_ros_transmission.png Ziyaret Tarihi:21.05.2021



Current Research Areas in Blockchain

Yılmaz Dikilitaş^{1*}, Kazım Onur Toka², Ahmet Sayar³

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8892-574X), yilmaz.dikilitas@kocaeli.edu.tr

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2070-9036), kazim.onurtoka@gmail.com

³ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2070-9036), asayar@gmail.com

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.977320)

ATIF/REFERENCE: Dikilitaş, Y., Toka, K. O. & Sayar, A. (2021). Current Research Areas in Blockchain. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 488-492.

Abstract

A blockchain is a digital record of transactions. The name comes from its structure, in which individual records, called blocks, are linked together in single list, called a chain. It stands out with the rise of Bitcoin. Its popularity is increasing day by day. It provides anonymity, privacy and data integrity without any control organization. In this report, we will reveal the areas of research that have emerged. We will touch on what these research areas can bring forward. Articles are generally related to Bitcoin. But lately, this technology has entered many areas of our lives. Recommendations on future research directions are provided in this paper.

Keywords: Blockchain, Research, Supply Chain, IoT, Finance.

Blok Zincir Güncel Araştırma Alanları

Öz

Blockchain, işlemlerin dijital bir kayıdır. Blok zincir kavramı, blok adı verilen bireysel kayıtların zincir adı verilen tek bir listede birbirine bağlandığı yapısından gelir. Bitcoin'in yükselişi ile öne çıkan teknolojinin popülaritesi her geçen gün artıyor. Blok zincir, herhangi bir kontrol organizasyonu olmadan anonimlik, gizlilik ve veri bütünlüğü sağlar. Bu raporda, blok zincir teknolojisi çerçevesinde popülerleşen araştırma alanları ortaya konulacaktır. Bu araştırma alanlarının neler getirebileceğine değinilecektir. Son zamanlarda bu teknoloji hayatımızın birçok alanına girdi. Gelecekteki araştırma yönlerine ilişkin öneriler bu makalede sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Blok Zincir, Araştırma, Tedarik Zinciri, Nesnelere İnterneti, Finans.

* Corresponding Author: Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8892-574X), yilmaz.dikilitas@kocaeli.edu.tr

1. Introduction

Today, transactions are controlled by the central systems. These systems are required to make transactions. They charge additional fees for most of these transactions. This additional fee applies to many transaction cases. Blockchain has been developed to solve this problem. The aim is to establish a decentralized structure in which this other organization cannot control transactions and data.

Initially, blockchain's key application was to connect cryptocurrencies to traditional banking and financial institutions. Blockchain technology creates a new banking environment, allowing financial institutions to perform transactions directly between themselves without the need for central authorities or intermediaries. Per transaction must be authenticated by the agreement of at least half of the network participants. This ensures that no participant can change any data on the blockchain without the permission of other participants.

A blockchain is a distributed ledger that keeps track of transactions. The name comes from the structure of the database, which consists of individual records connected together in chain. Blockchains are used to monitor cryptocurrency transactions, such as Bitcoin, and have a variety of other uses. A peer-to-peer network is formed by these systems, which are designed to track particular types of blockchain transactions. Until a transaction is added to the blockchain, they collaborate to ensure that it is true.

Following the Bitcoin currency, other digital currencies such as Ethereum and Dogecoin have appeared, both of which are based on the same technology as Bitcoin. Despite the fact that the blockchain has a wide range of applications.

We believe it is important to recognise other blockchain application areas in light of the blockchain's recent popularity as the key technology behind digital currencies such as Bitcoin.

To the best of our knowledge, there is no formal overview of the existing and future blockchain applications, and the current work's main goal is to include such an overview.

As previously mentioned, one of the main goals of the current project is to define various blockchain implementation areas. Another aim of our research is to find possible blockchain technology areas in the future.

The outline of the study is as follows, summary information about blockchain is included in section 2.1., In section 2.2. the work done on blockchain summarized. In section 3, research areas in blockchain is discussed and in section 4 provides conclusions.

2. Material and Method

2.1. Background

Since the publication of the Bitcoin whitepaper (Nakamoto, 2008: 9) in 2008, blockchain systems have sparked a lot of interest. Bitcoin's security is based on a distributed protocol that keeps track of transactions in a distributed ledger. By iterating over nonce field values, protocol miners attempt to find a partial

hash collision in order to produce a valid block. The blockchain network has no central authority, making it the epitome of a democratic structure. The knowledge in it is available to everyone because it is a shared and immutable ledger. As a result, everything built on the blockchain is transparent by definition, and anyone involved is accountable.

The blockchain is a simple but clever way of sending data from point A to point B in a completely automated and secure manner. Transaction requests executed on the blockchain network continue until a block is filled. When it receives a transaction request as much as a block capacity, the block creation process starts. In the process of creating a new block, a math problem is tried to be solved by the miners who are the participants of the network. When the math problem is solved, the new block is added to the blockchain with a consensus provided by the entire network. The validated block is attached to a chain that is stored around the internet, resulting in a record that is not only unique, but also has a unique history. In millions of cases, falsifying a single record will mean falsifying the entire chain. That's almost unthinkable. This model is used in Bitcoin for monetary transactions, but it can also be used in a variety of other ways.

Stuart Haber and W. Scott Stornetta (Haber and Stornetta, 1991: 13) envisioned what many people have come to know as blockchain, in 1991. Their first work involved working on a cryptographically secured chain of blocks whereby no one could tamper with timestamps of documents. In 1992, they upgraded their system to incorporate Merkle trees that enhanced efficiency thereby enabling the collection of more documents on a single block. However, it is in 2008 that Blockchain History starts to gain relevance, thanks to the work one person or group by the name Satoshi Nakamoto.

Satoshi Nakamoto (Nakamoto, 2008: 9) is accredited as the brains behind blockchain technology. Very little is known about Nakamoto as people believe he could be a person or a group of people that worked on Bitcoin, the first application of the digital ledger technology. Nakamoto conceptualized the first blockchain in 2008 from where the technology has evolved and found its way into many applications beyond cryptocurrencies. Satoshi Nakamoto released the first whitepaper about the technology in 2009. In the whitepaper, he provided details of how the technology was well equipped to enhance digital trust given the decentralization aspect that meant nobody would ever be in control of anything.

The three main properties of blockchain technology which have helped it gain widespread acclaim are as follows; decentralization, transparency, immutability.

In blockchain, decentralization means the transfer of control and decision-making from a centralized entity to a distributed network. Decentralized networks aim to minimize the amount of trust that participants must put in one another and to prevent them from exerting authority or power over one another in ways that damage the network's functionality.

Enabling transparency of information is one of the biggest promises of blockchain technology, which provides a fully auditable and valid ledger of transactions. Blockchain is supposed to be a transparency machine in which anyone can join the network and, as a result, view all information on that network. Through the necessary encryption and control mechanisms, blockchain safeguards transparency by storing information in

such a way that it cannot be altered without recording the changes made.

2.2. Related Works

In this section, relevant studies conducted within the scope of research areas in blockchain will be discussed.

At (Yli-Huumo vd., 2016: 11), the current research areas of blockchain are given according to the numerical research conducted on the articles. According to these articles, information on the direction of the studies conducted on a percentage basis and what feature of the blockchain is given. There is no explanation of the disadvantages that blockchain may bring, and then it has been shown which areas may become more prominent in the future.

At (Wang vd., 2019: 191), the applications of blockchain as an intellectual property have been demonstrated. According to the academic research and industry practices in this field, it has been shown which areas may come to the fore in the future.

At (Xu vd., 2019: 27), it has been shown that blockchain technology is still new. A systematic review of the most cited articles in this area by searching with important keywords is done. In addition, some research themes are emphasized by clustering analysis. Inferences from this are recommendations for future research directions.

At (Tama vd., 2017: 109) , after explaining the general features of blockchain, 26 of the articles searched with blockchain keyword on google scholar were taken as a sample. Later, by inferring from these articles, the future research areas of blockchain are given direction. Focused on were examined.

At (Lage vd., 2019: 239) examines the work of blockchain in the field of cybersecurity. By analyzing these, it shows that blockchain has brought many innovations in terms of security. At the end of the systematic review, it shows the future aspects of research, education and applications in the field of security of blockchain.

Blockchain is a very rapidly developing technology, the articles mentioned above are outdated. They are generally written on the basis of academic articles. This study is not only new, but also examines the resources on the web.

3. Results and Discussion

3.1. Research Directions of Blockchain

In this section, the implementation of blockchain technology in different areas are thoroughly discussed. Furthermore, such applications have been categorized into several groups, i.e. financial services, healthcare, business and industry, and other novel applications.

3.1.1. Finance

The blockchain technology has been commonly used for financial transactions called cryptocurrency. Cryptocurrencies are becoming prominent software systems in recent years. Cryptocurrency is a form of online payment that can be used to buy and sell products and services. Many businesses have created their own currencies, known as tokens, that can be exchanged for the goods or services that the business offers. To use the product or service, you'll need to trade real money for cryptocurrency.

According to Coinmarketcap.com {<https://coinmarketcap.com/>}, a market analysis website, more than 9,700 separate cryptocurrencies are publicly traded. And cryptocurrencies continue to grow in popularity, with initial coin offerings, or ICOs {<https://icodrops.com/>}, being used to raise funds. According to CoinMarketCap, the total value of all cryptocurrencies was more than 2.2 trillion dollars on April 29, 2021, and the total value of all bitcoins, the most common digital currency, was more than 1 trillion dollars.

Transaction, loan, mortgage, and payment services are all part of core banking. Many of these services depend on legacy execution processes. Individuals can get a mortgage in 30 to 60 days, and small and medium businesses can get a business loan in 60 to 90 days, depending on information confirmation, credit scoring, loan processing, and distribution of funds (Yoo, 2017: 312). Blockchain has the potential to simplify banking and lending services by lowering counterparty risk and reducing issuance and settlement times.

3.1.2. Healthcare

In terms of healthcare, private networks are now more advanced than public networks. This is one place where blockchain technology has the potential to change things. It is capable of a wide range of tasks, including secure encryption of patient data and the mitigation of epidemics. Estonia is a pioneer in this area, having implemented blockchain technology in healthcare in 2012. Currently, blockchain is used to manage all healthcare billing, 95 percent of health records, and 99 percent of medication details (Sandner, 2020). The following are some of the major issues with blockchain implementations in healthcare; network infrastructure security, identity verification and authentication and authorization to access electronic health information.

The benefits of using blockchains, relative to traditional methods of healthcare database management systems, include decentralized management, unchangeable databases, data provenance, traceable data, robust data, availability of data to any authorized user, while keeping it out of the hands of unauthorized users by encryption that is dependent on a patient's private key.

3.1.3. Smart Contracts

Smart contracts are simply programs stored on a blockchain that run when predetermined conditions are met. They are usually used to simplify the execution of an agreement so that both parties can be confident of the result right away, without the need for any intermediaries or time waste. They can also automate a workflow, starting the next step when those conditions are met (Ante, 2020: 48).

Simple statements are written into code on a blockchain to make smart contracts work. When predetermined conditions are met and tested, the activities are carried out by a network of computers. These activities could include transferring funds to the proper parties, registering a car, sending notifications, or issuing a ticket. When the transaction is complete, the blockchain is modified. That means the transaction can not be reversed, and the results are only visible to those who have been given permission.

Benefits of smart contracts are efficiency, accuracy, transparency and security. Because of this benefits most companies looking to integrate blockchain to their operations.

3.1.4. Business

For companies transacting with one another, blockchain for business is useful. Permissioned users can access the same information at the same time using distributed ledger technology, which improves performance, builds confidence, and reduces friction. Blockchain also enables a solution's size and scale to be quickly adjusted, and several solutions can be modified to perform various tasks across industries (Konstantinidis vd., 2018: 384).

Businesses benefit from blockchain in the following ways; operational cost reduction, easy tracking of transactions, transparency, authenticity, reliability, and security.

One of the most significant advantages of blockchain technology is the ability to lower operating costs. Since blockchain eliminates intermediaries and the manual effort associated with transaction reconciliation and record-keeping, companies can save time and money. Furthermore, blockchain allows companies to securely track goods and transactions back to their source. Finally, blockchain technology offers greater accountability, authenticity, and reliability. This is due to the fact that it is secured, making all transactions more secure and allowing for the tracking and documentation of all aspects of the transactions.

3.1.5. Internet of Things

The Internet of Things (IoT) connects people, places, and things, creating opportunities for value creation and capture. Objects are embedded with sophisticated chips, sensors, and actuators, each of which transmits data to the IoT network. The IoT's analytics capabilities transform this data into reality, affecting business processes and resulting in new ways of working. There are, however, a number of technological and security issues that have yet to be resolved (Deloitte, 2021).

In the event of a cyber-attack, the IoT network will process data transactions through various devices owned and managed by different organizations, making it impossible to trace the source of any data leakages. Furthermore, the IoT produces a large amount of data, and the ownership of that data is not always transparent due to the various stakeholders involved.

Using blockchain to store IoT data would provide an additional layer of encryption that hackers would have to get around to gain access to the network. The blockchain technology offers a much higher degree of encryption, making it almost impossible to overwrite existing data records. Blockchain offers transparency by allowing anyone with permission to access the network to view and monitor previous transactions. This can be a reliable way to pinpoint the root of any data leaks and take immediate corrective steps.

3.1.6. Supply Chains

A supply chain is a collection of organisations, individuals, activities, knowledge, and resources involved in getting a product or service from the supplier to the consumer. It's made to keep important products in good condition during the shipping process. Corruption, fraud, and tampering are all risks associated with centralized supply chain management systems (AltexSoft, 2021). Blockchain is a modern distributed information system that reflects a new solution in the supply chain, where visibility and accountability of commodity flows are major challenges.

There are benefits of blockchain in a supply chain. Improved protection and traceability. There can be no documents lost, destroyed, or replaced. Furthermore, a blockchain-based framework removes the possibility of false identifiers being used to steal documents or products. Transactions are safer and more straightforward, resulting in increased confidence for all parties involved; there is less manual work and no paperwork delays. All the agreement conditions can be met by machine, without any human interference, thanks to smart contracts.

4. Conclusions and Recommendations

The Bitcoin cryptocurrency is driven by blockchain technology. It is a decentralized transaction environment in which all transactions are registered in a public ledger that is open to everyone. The aim of Blockchain is to provide all of its users with anonymity, protection, privacy, and transparency.

To understand where the current research on Blockchain technology we searched papers, websites and we extract information from there. We discussed the areas where blockchain has increased in usage recently. By describing these areas, we showed the benefits of this technology in these areas.

References

- Nakamoto, S. (t.y.). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 9.
- Haber, S., & Stornetta, W. S. (t.y.). How to time-stamp a digital document. 13.
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where Is Current Research on Blockchain Technology?—Systematic Review. PLOS ONE, 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>
- Wang, J., Wang, S., Guo, J., Du, Y., Cheng, S., & Li, X. (2019). A Summary of Research on Blockchain in the Field of Intellectual Property. Procedia Computer Science, 147, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.220>
- Xu, M., Chen, X., & Kou, G. (2019). A systematic review of blockchain. Financial Innovation, 5(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0147-z>
- Adhi Tama, B., Kweka, B., Park, Y., & Rhee, K. H. (2017). A critical review of blockchain and its current applications. 109-113. <https://doi.org/10.1109/ICECOS.2017.8167115>
- Lage, O., de Diego, S., Urkizu, B., Gómez, E., & Gutiérrez Agüero, I. (2019). Blockchain Applications in Cybersecurity. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90061>
- Yoo, S. (2017). Blockchain based financial case analysis and its implications. Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship, 11(3), 312-321. <https://doi.org/10.1108/APJIE-12-2017-036>
- Sandner, P. (2020, May 19). Blockchain in Healthcare. Medium. <https://philippsandner.medium.com/blockchain-in-healthcare-fb2989a9dc>
- Ante, L. (2020). Smart Contracts on the Blockchain—A Bibliometric Analysis and Review.
- Konstantinidis, I., Siaminos, G., Timplalexis, C., Zervas, P., Peristeras, V., & Decker, S. (2018). Blockchain for Business Applications: A Systematic Literature Review (ss. 384-399). https://doi.org/10.1007/978-3-319-93931-5_28
- Can blockchain accelerate Internet of Things (IoT) adoption. (t.y.). Deloitte Switzerland. Geliş tarihi 09 Mayıs 2021, gönderen

<https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/innovation/articles/blockchain-accelerate-iot-adoption.html>
Blockchain in Supply Chain and Transportation: Benefits and Use

Cases | AltexSoft. (t.y.). Geliş tarihi 09 Mayıs 2021, gönderen
<https://www.altexsoft.com/blog/blockchain-supply-chain/>



E-Ticaret Sitelerinin Kullanılabilirliğinin AHP ve TOPSİS Yöntemleriyle Karşılaştırılması

Muhammet Enis Bulak¹, Orkun Kozanoğlu², Şule Nur Aydoğduoğlu³, Fatmanur Göçer⁴, Rabia Algül⁵

¹ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3784-7830)

² Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1006-4879)

³ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0795-0183)

⁴ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8063-2566)

⁵ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3871-9849)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.963658)

ATIF/REFERENCE: Enis Bulak,M., Kozanoğlu, O., Nur Aydoğduoğlu,Ş., Göçer,F., & Algül,R. (2021). E-Ticaret Sitelerinin Kullanılabilirliğinin AHP ve TOPSİS Yöntemleriyle Karşılaştırılması. *European Journal of Science and Technology* , (26), 493-509.

Öz

Günümüz rekabetçi koşullarında organizasyonlar daha iyi servis üretmek adına süreçlerine dijital değişimi adapte etmek zorundadır. İşletmelerin ise e-ticarete olan ihtiyaçları gün geçtikçe artmış ve online satış platformlarının kullanılabilirliği önemli bir konu haline gelmiştir. Bu doğrultuda, kullanıcı trafiği en yoğun ilk 10 e-ticaret sitesi ele alınarak 366 farklı kullanıcıyla anket çalışması yapılmıştır. Toplanan veri AHP ve TOPSİS yöntemlerine girdi sağlayarak web sitelerinin kullanılabilirlik performansını etkileyen faktörlerin önem dereceleri bulunmuş ve her iki yöntem için e-ticaret sitelerinin kullanılabilirlik puanları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucuna göre site navigasyonu kullanılabilirlik performansını etkileyen en önemli faktör olarak bulunmuştur. AHP yöntemine göre N11 ve Hepsiburada kullanılabilirlik açısından en iyi performansı sergileyen e-ticaret platformları olurken, sırasıyla Sahibinden ve Amazon websiteleri ise TOPSİS yönteminde en yüksek puana ulaşmıştır. Ayrıca, bu çalışma e-ticaret websitelerinin tasarımcılarına kullanıcı odaklı bir yol haritası sunarken karar vericiler için ise yönetimsel uygulamalar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kullanılabilirlik, Kullanıcı arayüzü, E-ticaret, AHP, TOPSİS

Benchmarking Usability Performance of E-Commerce Websites with AHP and TOPSIS Methods

Abstract

Organizations have to adapt the digital transformation to their processes for producing better services in the competitive business world. The needs of e-commerce businesses are increasing day by day, and online sales platforms' usability becomes an important issue. In this context, a survey was conducted with 366 different users by taking the top 10 e-commerce sites with the highest user traffic. The collected data provided input to the AHP and TOPSIS methods, and the importance levels of the factors affecting the usability performance of the websites were found. The usability scores of e-commerce sites were calculated for both methods. The results showed that site navigation is the most important factor affecting usability performance. Based on the AHP method, N11 and Hepsiburada were the best e-commerce platforms in terms of usability, while Sahibinden and Amazon websites reached the highest score in the TOPSIS method, respectively. Also, this study provides a user-oriented roadmap to the designers of e-commerce websites, while providing administrative applications for decision-makers.

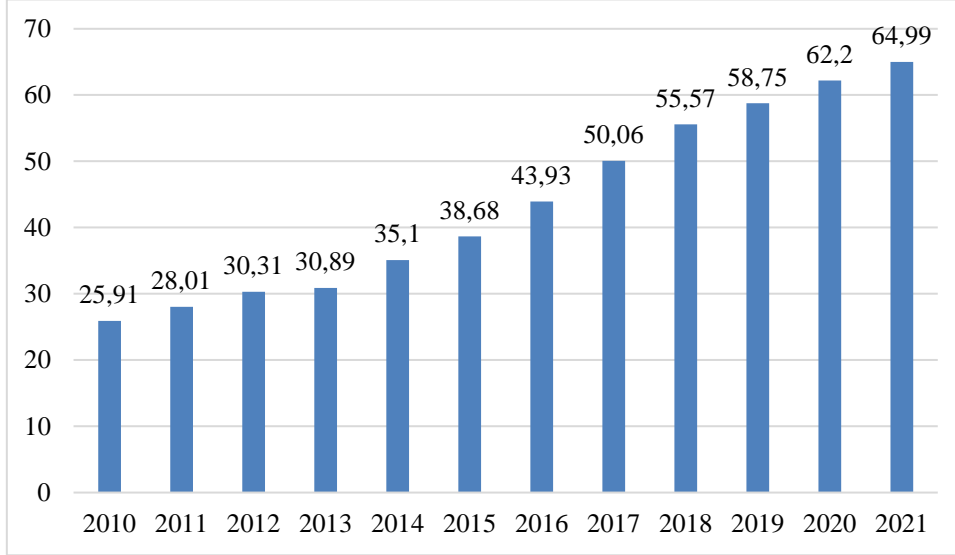
Keywords: Usability, User Interface, E-commerce, AHP, TOPSIS

* Sorumlu Yazar: Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3784-7830 , muhammetenis.bulak@uskudar.edu.tr

1. Giriş

Gelişen toplumların var olmalarını devam ettirebilmeleri için ihtiyaç duyduğu en önemli kaynak “bilgi” dir. Geçmişten günümüze uzanan tarihsel süreç içerisinde toplumların nitelikli

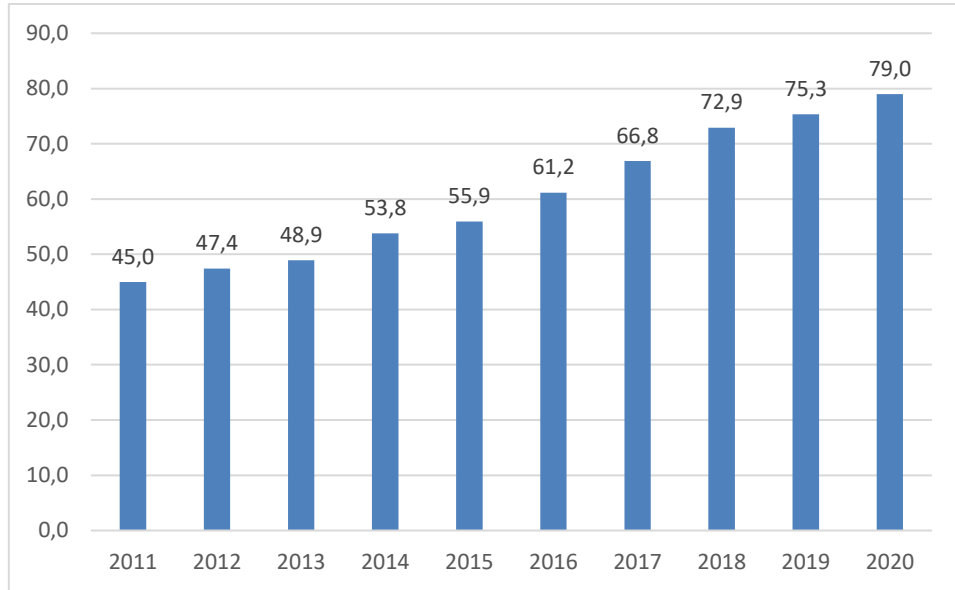
bilgi üretme ve bunun etkin doğrultularda kullanılması için çeşitli olanaklar geliştirilmiştir. 21.yüzyılın sunduğu çoklu işlevselliğe sahip ürünlerin (tablet, akıllı telefon vb.) karmaşıklığı hem sosyal alanda hem ekonomik alanda teknolojinin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bu cihazların kullanımının yaygınlaşması hanelere ulaşan internet kullanım oranını artırmıştır.



Şekil 1. 2010-2021 Yılı Türkiye İnternet Kullanıcı Oranı (Statista, 2021)

Şekil 1 Türkiye’de son 11 yıl içerisindeki artan internet kullanım oranlarını göstermektedir. 2010 yılında bu oran %25,91 10 yıl

içinde %64,99’a ulaşmıştır. 2021 yılında ise Türkiye’deki internet kullanıcı tahmini sayısı 65,0 milyon olarak bulunmuştur (Statista,2021).



Şekil 2. Hanelerde Bilişim Kullanım Oranı (Tüik, 2020)

Şekil 2’ye bakıldığında ise 2011-2020 yılları arası internetin hanelerde bulunma oranı 2011 yılında %45 iken bu oran 2020 yılında %79 ulaşmıştır. Hızla gelişen teknoloji şüphesiz insan hayatında birçok yenilik oluşturmaktadır. Günümüzde bu yeniliklere internet ve beraberindeki faydalar öncülük etmektedir. İnternet ve beraberindeki yeni içgörüler içerdiği değişiklikle, insanların bugüne kadar var olan davranışlarını tamamen değiştirmektedir. Bu kavramlardan biri olan e-ticaret bazı kesimler için ise oldukça yenidir (Doğaner, 2007). İnternetin

yaşamın çeşitli alanlarında yaygınlaşması, sosyal yaşam kalitesini artırırken tüketicilerin davranışlarını, alışkanlıklarını ve alışveriş tarzlarını önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu süreçte e-ticaret adı verilen web siteleri üzerinden alışveriş çok önemli hale gelmiştir.

Müşterilere ulaşmada internet kullanımının işletmeler için önemi giderek artmaktadır (Yılmaz ve Tümtürk, 2015). Geçtiğimiz yüzyılda birçok perakende mağazacılık formatı insan yaşamına dahil olmuştur. Ancak, yeni yüzyıla birlikte, perakende alışverişin yeni bir şekli olan çevrimiçi alışveriş (sanal alışveriş)

popüler hale gelmiştir. Modern bir pazarlama aracı olan sanal mağazacılık, işletmeler tarafından tüketicilere ulaşmak için kullanılan önemli bir rekabet aracı haline gelmiştir. Bu şekilde fark yaratan işletmeler, şüphesiz, müşterilerin satın alma davranışı ile çevrimiçi mağaza atmosferi arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlar (Doğaner, 2007).

Web sitelerinin ara yüzü teknoloji açısından kolayca kullanılabilir bir seviyede olduğunda ise kullanıcılarla etkileşim artar. Bu doğrultuda Müşterilerin siteyi kullanırken az çaba harcamaları alışveriş sadakatini olumlu yönde etkiler. Web sitesinin kullanım kolaylığı, yüz yüze etkileşime alternatif olduğundan sitedeki alıcıların satın alma niyetlerinde olumlu yönde ve önemli ölçüde etkilemektedir (Lee vd., 2013).

Lu ve Yeung (1998)'e göre, kabul edilebilirlik sisteminin önemli bir faktörü olan işlevsellik ve kullanılabilirlik, kullanışlılığın alt özellikleridir. İnternet alışverişini tercih eden kullanıcılar fonksiyonel ve kullanışlı ürünleri daha sık kullanma eğilimindedir. Sadece işlevsellik odaklı tasarımlar kullanılabilirlik ihtiyaçlarını karşılayamaz (Klein ve Seffah, 2005). Sonuç olarak, bu ilişki web tasarımı süreçlerinde hem kullanılabilirlik hem de işlevsellik açısından önemli bir faktördür (Weir, 2007). Bu nedenle bu araştırma, Türkiye'de faaliyet

gösteren e-ticaret web siteleri için kullanılabilirlik faktörlerinin önemini ve kullanılabilirliğin çeşitli özellikleri ile açıklanan alt kriterler üzerindeki detaylı ilişkileri analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Kullanılabilirlik faktörleri aracılığıyla web sitelerini incelemek, kuruluşların amaçlarını, arayüz yapılarını ve hizmetlerini geliştirmesi ve güncellemesi açısından yararlı olabilir (Çalışır vd., 2009). Kullanılabilirlik, bir web sitesinin kullanıcıların işlevlerini kolay ve uygun bir şekilde kullanmasını kolaylaştırdığı ölçüde artar. Ticari web sitesinin başarısında en kritik faktör kullanılabilirliktir. Bu faktör müşterilerin güvenini kazanmada ve sürdürmede de önemli bir role sahiptir (Roy vd., 2001; Casalo vd., 2007).

Elektronik Ticaret (e-ticaret), kurulduğu 1984 yılından bu yana web 'deki alışveriş sayfalarının tasarımını etkilemede kullanılabilirliğin kritik bir rol oynadığı bir alan olmuştur (Ozok ve Wei, 2010). Kullanılabilirlik, web sitesinin ürün ve hizmetleri hakkında yeterli bilgi sağlayıp sağlayamayacağı anlamına gelirken, kullanım kolaylığı ve eğlence, web sitesinin müşteriler için kolay ve keyifli olmasını ifade eder (Loiacono, 2002; Toklu, 2019). Tablo 1'de ise E-Ticaret siteleri için kullanılabilirlik kavramının değerlendirildiği çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 1. E-ticaret Sitelerinin Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Araştırmalar

Yazarlar	Amaç ve Bulgular
Arora ve Gupta, 2016	Bu çalışmada E-ticaret işini etkileyen temel faktörlerin bulunması amaçlanmıştır. Ürün güvencesi, e-ticaret web sitesinin seçiminde dikkate alınan en önemli parametre olarak görülmüştür. Fiyatlandırma ise kullanıcılar tarafından istenen ikinci önemli kriterdir.
Nagpal vd., 2016	Bu makalede, sırasıyla bulanık AHP ve entropi yöntemi kullanılarak kullanılabilirliği değerlendiren nesnel ve öznel yaklaşımın entegre edilmesi için yeni bir metrik önerildi. Entropi yaklaşımı, ana katkıda bulunan Yanıt Süresi'ni (RT) önerirken, FAHP, akademik web sitelerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ana katkıda bulunan olarak Gezinme Kolaylığı'nı (EON) önermektedir. Birleşik yaklaşım, yüksek öğrenimin akademik web sitelerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ana katkıda bulunan RT olarak ortaya çıkarmaktadır.
Kahraman vd., 2017	Bu çalışmada, B2C firmaları arasında seçim için tereddütlü bulanık bir dil hiyerarşisi süreci yöntemi önerilmiştir. Verimli bir seçim için, veri tabanlarında kapsamlı bir araştırma sonucunda belirlenen 7 ana kriter altında 21 alt kriter ele alınarak 5 uluslararası B2C firmasının e-Pazar yerleri ana ve alt kriterlere göre karşılaştırılmıştır. Duyarlılık analizi, elde edilen sıralamaların kriter ağırlıklarındaki değişikliklere dayanıklı olduğunu göstermiştir.
Roy vd., 2017	Bu makale, bir web sitesinin kullanılabilirlik puanını ölçmek için AHP tabanlı kullanılabilirlik değerlendirme tekniğini dikkate almaktadır. Önerilen yaklaşımla elde edilen sonucun WAMMI raporundan elde edilen sonuçla tutarlı olduğu görülmüştür. Doğruluk, yaklaşımı için kullanılan veri setinin aynı dikkate alınarak WAMMI tarafından onaylanmıştır.
Rouyendegh vd., 2018	Bu çalışma, E-ticaret web sitesi (EWS) performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi için Analitik hiyerarşi süreci ve İdeal Çözüme Benzerlik ile Tercih Sıralaması için Sezgisel Bulanık Tekniğin hibrit bir çerçevesini sunmaktadır. Bu çalışmada, belirsizlik ve kararsızlığa hesaba katmak için Türkiye'deki üç EWS'yi bulanık ortamlar altında değerlendiren hem AHP hem de IFT modellerini kullanan hibrit bir model sunulmuştur.
Yağlı, 2018	Bu çalışmanın amacı teknoloji mağazalarının internet sitesi kalitesini değerlendirmede kalite tabanlı bir model oluşturmaktır. Klasik AHP'nin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar neticesinde güvenilirliğin en önemli kriter olduğu ve güvenilirliği; içerik, fonksiyonel uygunluk ve kullanılabilirliğin takip ettiği görülmektedir.
Özkan vd., 2019	Bu çalışmada, literatürdeki uzman değerlendirmeleri ve yeniliklerin yanı sıra, farklı kriterler ve ağırlıklandırma yaklaşımlarındaki değişiklikler kullanılarak iyileştirilmesi gerekli olduğu düşünülen bir karşılaştırma amaçlanmıştır. İki TOPSIS yaklaşımının yakınlık katsayılarına göre ikinci alternatif her zaman bir numara iken birinci ve üçüncü alternatifin yerleri iki yöntemde değişmiştir. Birinci ve üçüncü alternatifler arasındaki sıralama değişiklikleri, tasarımcıların ve müşterilerin davranışları arasındaki farklılıklar açısından değerlendirilebilirken farklı beklentiler ve farklı ölçüt ağırlıkları, sıralamalarda farklılaşmaya neden olmuştur.
Aziz vd., 2019	Bu araştırma, web sitesi kalite kriterlerinin önceliğini belirlemeyi ve Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) kullanarak Endonezya'daki 10 e-ticaret web sitesinin kalitesini ölçmek için belirlenen kriterleri birleştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu çalışma, C2C web sitesi bağlamında web sitesi kalitesi için en önemli kriterin kullanılabilirlik, en düşük önceliğin ise işaretleme doğrulaması olduğunu ortaya koymaktadır.
Adepoju vd., 2020	Bu bilimsel makalenin amacı, web sitelerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ÇKKV yaklaşımlarının uygulanmasına ilişkin literatürdeki eğilimleri belirlemektir. Saygın dergilerden ve konferans bildirilerinden alınan toplam 63 bilimsel makale dikkate alınarak analiz edilmiş web sitesi kullanılabilirlik değerlendirmesi için çeşitli bireysel ve entegre yöntemler önerilmiştir. Sonuç olarak, kullanılabilirlik açısından en önemli kriterler kullanım kolaylığı ve gezilebilirlik olmasına rağmen, kalite açısından en popüler kriter kullanılabilirliktir.
Lai vd., 2020	Araştırma sonuçları, web siteleri için en önemli beş başarı faktörünün iyi itibar, işlem güvenliği, kullanım kolaylığı, promosyon ve çeşitlendirilmiş seçenekler olduğunu göstermiştir, bu da karar vericilerin mevcut rekabetçi iş senaryosunda etkili web siteleri tasarımları için yol gösterici olmuştur.

E-ticaret sitelerinin kullanılabilirliğini etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler en iyi çoklu karar verme yöntemleri ile değerlendirilebilir ve hangi faktörün daha önemli olduğuna karar verilebilir. Bu çalışma, AHP ve TOPSIS yöntemini kullanarak çevrimiçi alışveriş hizmeti veren e-ticaret web sitelerinin performans değerlendirmesini 'Çok Kriterli Karar Verme' (ÇKVV) ile analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmanın devamında AHP ve TOPSIS yöntemini içeren çalışmalara yer verilmiştir. Daha sonra kullanılan çoklu karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS hakkında genel bilgiler ve nasıl uygulanacağı hakkında bilgiler verilmiştir. Kriter ağırlıklarını belirlemede ve yöntemin tutarlılık oranlarını doğru değerlendirmesi açısından AHP, alternatif sıralamaları ile hesapların anlaşılır olması gibi sebeplerden dolayı ise TOPSIS yöntemi seçilmiştir. Bu kısımlardan sonra, çalışmada kullanılan e-ticaret siteleri belirlenmiş ve e-ticaret web sitelerinin

performansının ölçülmesinde kullanılan performans kriterleri ve kriterlerin nasıl belirlendiği tanımlanmıştır. Bu kriterlere göre AHP ve TOPSIS modelleri oluşturularak en sık kullanılan 10 e-ticaret sitesi değerlendirmeye alınmıştır. Dördüncü bölümde, sonuçlar değerlendirilmiş ve belirlenen kriterlerin e-ticaret sitelerinin kullanılabilirliğine hangi ölçüde etki ettiği belirlenmiştir. Son bölümde ise e-ticaret sitelerine yönelik iyileştirme önerileri ve planlanan çalışmalara yer verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)

Hayatımızın her döneminde birçok alternatif arasından seçim yaptığımız kararlar bulunmaktadır. Aldığımız her karar için bir alternatifi seçerek diğer alternatifleri eleriz (Kardam, 2001). Günümüzde devamlı değişen ve zamanla zorlaşan çalışma şartları insan, kurum ve işletmeleri devamlı olarak karar vermede iyi ve başarılı olanı seçmeye şartlandırmaktadır (Forman ve Gass, 2001). Karar verme sürecine sayısal yöntemlerin veya karar teknolojilerinin (karar analizleri, modelleri, algoritmaları ve teorileri) olumlu bir etkisi bulunmaktadır (Carlson ve Fuller, 1996).

Karar verme aşamasında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılması yöneticilere alternatifleri değerlendirmede yardımcı olmakta ve işletme kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. ÇKKV yöntemleri ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok stratejik ve operasyonel faktörü aynı anda değerlendirme imkânı sağlayan, aynı zamanda karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dâhil edebilen bir analitik yöntemdir (Dağdeviren vd.,2005).

Bu karar aşamasında çoklu karar verme yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS, süreci en çok hızlandıran yöntemlerdir. Çalışmada kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

2.2 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

AHP, bileşenleri arasında karmaşık ilişkiler bulunan sistemlere ait karar problemlerinde; sistemi alt sistemleriyle ilişkili hiyerarşik bir yapıda oldukça basitleştirerek ifade edip, sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdeleyebilen ve bunların modellenmelerine olanak sağlayan bir yaklaşımdır (Ünal, 2008).

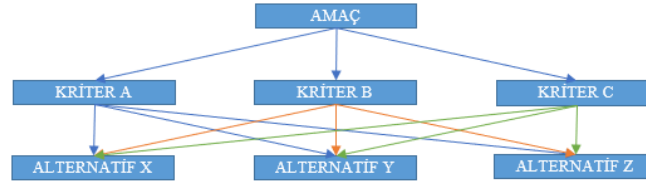
AHP, çok kriterli karar verme problemlerinin; ana hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkiyi gösteren, hiyerarşik bir yapıda modellenmesine olanak veren bir yöntemdir. Bu yöntemle, birçok değerlendirme kriterinin rol oynadığı karar problemlerinde, kriterlerin amaca katkısının belirlenebilmesi için kriter ağırlıkları hesaplanabilir ve uygun karar alternatifi seçilebilmektedir (Dinçer, 2011).

2.2.1 Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP) Adımları

Birçok uygulamaya esas oluşturan AHP'nin 7 adımı aşağıda sıralanmıştır.

Adım 1: Hiyerarşik Yapının Kurulması

AHP'nin ilk adımını, karar probleminin anlaşılabilir ve değerlendirilebilir olabilmesi için hiyerarşik olarak düzenlenmesi oluşturmaktadır. Bunun için Şekil 3'de görüldüğü gibi karar probleminin ana hedefi, kriterler, alt kriterler ve alternatifleri hiyerarşik bir yapıda hazırlanır.



Şekil 3. AHP Modeli

Adım 2: Önceliklerin Belirlenmesi

Saaty, Tablo 2'de görüldüğü gibi karar kriterlerini ve karar kriterlerinin ikili karşılaştırmasında kullanılan bir ölçek geliştirmiştir. Bu ölçekle, karar kriterleri ve her bir karar kriterine göre karar seçenekleri ikili karşılaştırmalarla 1 ile 9 arasında bir değerle değerlendirilmiştir.

Tablo 2. İkili Karşılaştırma Yönteminde Kullanılan 1-9 Skalası

DERECELER	TANIM
1	Eşit Önemli
3	Biraz Daha Fazla Önemli
5	Kuvvetli Derece Önemli
7	Çok Kuvvetli Derece Önemli
9	Aşırı Derece Önemli
2-4-6-8	Uzlaşma (Ortalama Değerler)

Adım 3: İkili Karşılaştırma Matrisi

Farklı kriterlerin ikili karşılaştırmaları Tablo 3'de görüldüğü gibidir. Burada n kriter, $i=1,2,...,n$ 'e kadar ve $j=1,2,...,n$ 'e kadar olmak üzere satır ve sütunlarda sıralanarak karşılaştırma matrisini

oluşturmaktadır. Matristeki w_i/w_j terimi, karşılaştırma matrisinde amaca ulaşmada i. kriterin j. kriterden ne kadar daha önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 3: Kriterler için İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturulması

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter n
Kriter 1	W1/W1	W1/W2	W1/Wn
Kriter 2	W2/W1	W2/W2	W2/Wn
.....
Kriter n	Wn/W1	Wn/W2	Wn/Wn

Matematiksel olarak bu ilişki; $w_i / w_j = a_{ij}$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$)

(w_i : i.nci alternatifin ağırlığı w_j : j.nci alternatifin ağırlığı) ile ifade edilir. A ikili karşılaştırmalar matrisi, aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & 1 & & & \\ \frac{1}{a_{ij}} & & 1 & & \\ \dots & & & 1 & \\ \frac{1}{a_{jn}} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Adım 4: Öncelik Vektörünün Oluşturulması

Bu aşamada, öncelik veya ağırlık vektörlerinin hesaplanması için öncelikle ilişki matrisleri normalleştirilir. Normalleştirilmiş matris, her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesi ile elde edilir. Daha sonra normalleştirilmiş matrisin satır değerlerinin ortalamasının alınması ile her bir kriter, alt kriter ve alternatifin ağırlıkları veya öncelik vektörü elde edilir.

Adım 5: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

İkili karşılaştırmalar sonucunda oluşan değerlerin yani önceliklerin birbirleri ile olan mantıksal ve/veya matematiksel ilişkisi tutarlıdır. AHP'nin modellenmesi yapılırken, değerlendirmeye tabi tutulan alternatiflerin/kriterlerin göreceli

önem düzeyleri bulunarak karşılaştırma matrisinin tutarlılığı hesaplanmalıdır. Bu matrisin tutarlı olabilmesi için en büyük öz değerin (λ_{max}) matris boyutuna (n) eşit olması gerekmektedir.

Kriterlerin göreceli önemlerini hesaplamak için, her bir satırın ortalaması alınarak "sütun vektörü" oluşturulur. Oluşturulan sütun vektörü normalleştirilerek, "göreceli önemler vektörü" elde edilir. Matristeki her bir satır göreceli önem vektörüyle çarpılarak ağırlıklı önem vektörü elde edilir. Daha sonra bu vektörün her bir elemanı, göreceli önem vektöründe karşılık gelen elemana bölünerek bir başka vektör hesaplanır. Sonuç olarak bu vektörün aritmetik ortalaması ise en büyük öz değer olan " λ_{max} " 'ı vermektedir. Daha sonra tutarlılık göstergesi ve oranı aşağıdaki gibi hesaplanarak sonucun doğruluğu kontrol edilir.

$$\text{Tutarlılık göstergesi (CI)} = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \text{Tutarlılık göstergesi (CI)} / \text{Rassallık Göstergesi (RI)}$$

Tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için bir Rastgele Değer İndeksi (R.İ.) Tablosu oluşturulmuştur. Boyutları 1 ile 15 arasında değişen kare matrisler için rastgele değer indeksi sayıları Tablo 4' de verilmiştir. N matris boyutuna göre rassal değerler

görülmektedir. Burada n kriter sayısıdır ve bu sayı yani boyut büyüdükçe rassal gösterge değerlerinde de bir artış bulunmaktadır.

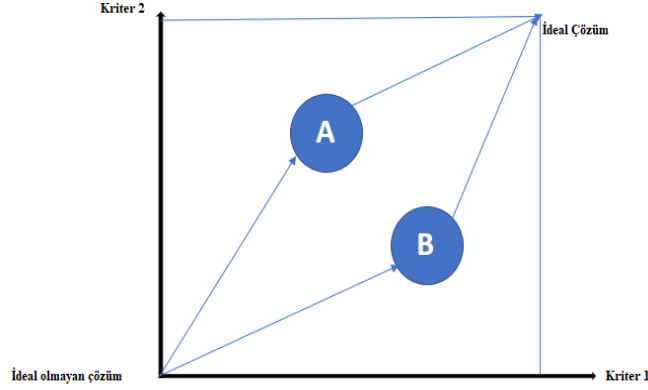
Tablo 4. Rastgele Değer İndeksi (R.İ.) Tablosu

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rassallık Göstergesi	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Karar matrisinin tutarlı olabilmesi için $CR < 0$, olması istenir. CR ne kadar sıfıra yakınsa karşılaştırma sonuçları daha tutarlı olacaktır. Bu belirlemelerin ardından karşılaştırmaların tutarlılık oranını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Sağlamaması durumunda karar vericiden kararını gözden geçirerek düzeltmesi istenir. Daha sonra ikili karşılaştırma matrislerinden göreceli ağırlıklar hesaplanmaktadır. Son aşamada hiyerarşik yapı prensibi ile en alt seviyedeki alternatiflerin en üst seviyedeki genel amaca göre genel ağırlıkları elde edilmektedir.

2.3 TOPSİS Yöntemi

TOPSİS (Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution) yöntemi alternatif çözüm noktasının pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafede olacağı varsayımına göre oluşturulmuştur.



Şekil 4 .TOPSİS Model

2.3.1 TOPSİS Aşamaları

1.Aşama: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

TOPSİS yönteminin ilk adımı karar matrisinin (A) oluşturulmasıdır. Karar matrisi oluşturulurken satırlarda üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarda ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri (ölçütler) yer almaktadır. A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme kriteri sayısını göstermektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

2.Aşama: Karar Matrisinin (R) Normalleştirilmesi

Karar matrisindeki her bir değer bulduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek matris normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{m2} \end{bmatrix}$$

3.Aşama: Normalleştirilen Karar Matrislerinin Ağırlıklandırılması (V)

Öncelikle değerlendirme kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir.

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V) matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Oluşturulacak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi için, R matrisinin sütunlarındaki değerler ilgili değerlendirme kriteri ağırlık değerleri ile çarpılarak V matrisinin sütunları hesaplanmaktadır.

4.Aşama: İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması

İdeal çözümün oluşturulabilmesi için ağırlıklı standart karar matrisindeki değerlendirme kriterlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J')\}$$

Negatif ideal çözüm seti ise, ağırlıklı standart karar matrisindeki değerlendirme kriterlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J')\}$$

5.Aşama: Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme kriteri değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen alternatiflere ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayrım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayrım (S_i^-) Ölçütü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^*) ve negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

6.Aşama: İdeal Çözüme Göre Görelî Çözümün Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme görelî yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçütlerinden yararlanılmaktadır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım

ölçütünün toplam ayırım ölçütü içindeki payıdır. İdeal çözüme görelî yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* =$$

$$\frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^*)}$$

2.4 Uygulama

2.4.1 Alternatiflerin Belirlenmesi

E-ticaret web siteleri, ticari işlemlerinin açıklamasına göre genellikle beş türe ayrılır: işletmeden işletmeye (B2B), işletmeden tüketiciye (B2C), tüketiciden tüketiciye (C2C), tüketici- işletmeye (C2B) ve işletmeden devlete (B2G).

Türkiye'de en çok site trafiğine sahip 50 web sitesi arasından müşteri odaklı perakende satış hizmeti veren 10 site Alexa.com tarafından sağlanan verilerle seçilmiştir. Alexa tarafından sağlanan veriler, Türkiye'de kullanılan yerel ve uluslararası web siteleridir.

İşletmeden tüketiciye (B2C), bu tür e-ticaret türleri arasında geleneksel fiziksel satış noktalarına bile rakip olan önemli bir perakende kanalı haline gelmiştir. Kuşkusuz, kurulan B2C e-ticaret web sitelerinin çoğu, sık sık artan satış hacimlerinden keyif almaktadır. Bu yenilikçi ticari paradigmanın dikkate değer ölçüde hızlandırılmış evrimi ve başarısı, müşterinin B2C e-ticaret web sitelerine olan sürekli memnuniyeti ve güveni ile ilgili temel sorun yapısını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle; bu çalışmada, müşteri taleplerini daha iyi karşılamak için açıkça B2C e-ticaret web sitelerinin değerlendirilmesine odaklanılmıştır. (Kang, 2016).

Çalışmada kullanılan B2C odaklı web siteleri; Amazon, AliExpress, Apple, Udemy, Kitapsec ve Hepsiburada'dır.

Tüketiciden tüketiciye (C2C), müşteriler arasında çevrimiçi satın alma ayarlamalarının sosyal ve ticari hizmetlerini destekleyen bir e-ticaret iş modelidir. C2C modelleri, müşteri beklentisi, alıcının satıcıların başarısına yönelik algısından oluşturulduğunda, bu algı müşterilerin e-ticaret ürününü satın alma niyetini teşvik eder (Sokrat ve Papsratorn, 2018).

Çalışmada kullanılan C2C odaklı web siteleri; GittiGidiyor, Sahibinden, N11 ve Trendyol'dur.

Sitede sadece 3 kişilik bir ekip, 6 kategori ve 2.700 ilan ile Sahibinden 2000 yılında faaliyete geçmiş ve büyük ilgi görmüştür (Patronturk, 2012). Gittigidiyor 3 ortaklı bir şirket olarak kurulmuş ve 5 Şubat 2001'de hizmete girmiştir (Ertemel ve Çelik, 2016).

Tablo 5. Web Siteleri

Websitesi	Trafik Yüzdesi
Kitapsec.com	% 47,30
Apple.com	% 37,30
Hepsiburada.com	% 32,10
Sahibinden.com	% 24,90
GittiGidiyor.com	% 23,10
Amazon.com.tr	% 22,70
N11.com	% 21,60
Trendyol.com	% 20,80
Amazon.com	% 19,50
Udemy.com	% 16,80
Ali Express .com	% 14,40

2.4.2 Kriterlerin Belirlenmesi

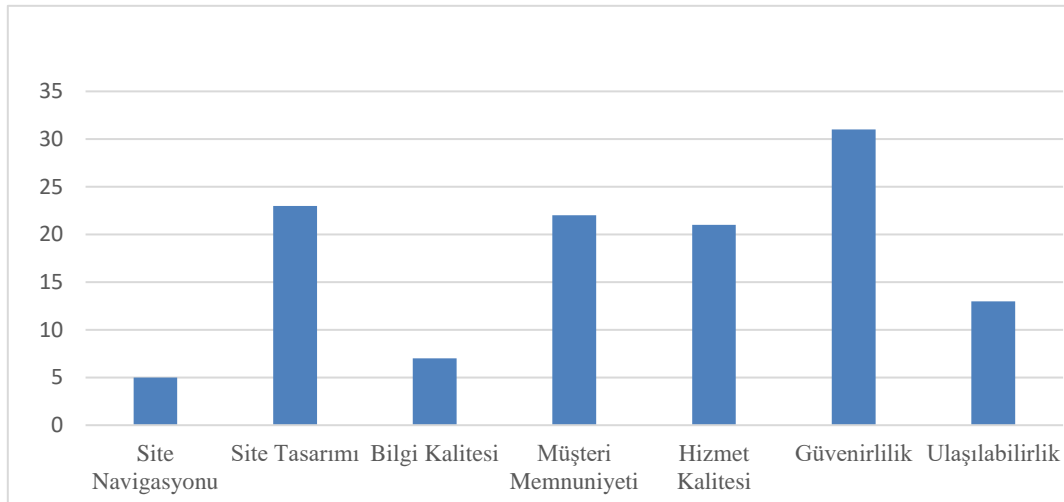
Yapılan çalışmaların ve literatür taramalarının sonucuna göre, online alışveriş sitesi seçerken her müşterinin beklentileri farklı olsa da, genel olarak gizlilik ve güven ilkesi en baskın olanıdır. Çevrimiçi alışveriş yapan müşteriler en iyi seçenekleri ve yeterli hizmetleri beklemektedir. Zeithaml, şirketlerin satış öncesi ve satış sonrası e-hizmet kalitesine odaklanmasının, sitenin kullanılabilirliğini artıracaklarını ve müşteri beklentilerini karşılayacaklarını vurgulamaktadır (Zhang ve Tang, 2006).

Yoo ve Donthu'ya (2001) göre kaliteli hizmet sunan web siteleri düşük kaliteli rakiplere göre daha çok tercih edilmektedir. Bu nedenle tüketicilerin beklenti ve talepleri önemlidir. Çevrimiçi bir alışveriş sitesinin başarılı sayılabilmesi ve müşteri memnuniyetini karşılayabilmesi için site tasarımı, teknik altyapı, kolay erişim gibi birçok faktörü sağlayabilmesi, hizmet kolaylığı, müşteri memnuniyeti önemli kriterlerdir (Liu ve Arnett, 2000). Bu çalışmada müşterilerin online alışveriş site tercihlerinde başvurdukları kriterler incelenmiş ve 100 literatür taramasına göre en çok kullanılan 7 kriter belirlenmiştir.



Şekil 5. Kriter Belirleme Süreci

İncelenilen literatürde belirtilen kriterlerin kullanım miktarı aşağıdaki Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Kriterlerin Literatürdeki Kullanım Miktarı

Belirtilen kriterlerin açıklaması aşağıdaki Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Kriterlerin Açıklaması

Kriter	Açıklama
Güvenilirlik	Sitenin kurumsal kimliği müşteriler tarafından benimsenmekte ve site hizmet güvenilirliği sağlamaktadır.
Bilgi Kalitesi	Fiyat bilgisi, ürün karşılaştırması, ürün açıklaması, ürün özellikleri, kullanıcı deneyimleri gibi tanımları içerir.
Ulaşılabilirlik	Kullanıcı bilgilerini kullanmadan sitede gezinme ve site içerisinde hizmet kolaylığı sağlama yeteneğidir.
Site Tasarımı	Site tasarımının açık, basit ve eğlenceli bir şekilde olmasıdır. Metin ve görsellik gibi tasarım öğeleri müşteri işlemlerini kolaylaştırır.
Site Navigasyonu	Site yönlendirmesi anlaşılabilir olup doğru seçenekler sunarak sitede gezinmeyi kolaylaştırır.
Hizmet Kalitesi	Müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerine uygun turistik mal ve hizmet özelliklerinin işletme tarafından önceden belirlenmiş standartlara sürekli ve tutarlı şekilde uyumlu olmasıdır.
Müşteri Memnuniyeti	Satış öncesi ve satış sonrası hizmetlerdir.

(Adıgüzel,2010) tüketicilerin çevrimiçi alışveriş davranışları ile alışveriş yaptıkları sanal mağazaların atmosferi arasındaki ilişkiyi açıklamak için bir model geliştirmiştir. (Armağan ve Turan 2014), tüketicilerin internette alışveriş yapmamasının nedenlerini, alışveriş yapanların en çok satın aldıkları ürün ve hizmetleri ve internette alışveriş yapmanın faydalarını araştırmıştır. (Aydın ve Derer ,2015) demografik değişkenler ile internette alışveriş yapan ve yapmayan tüketicilerin satın alma davranışları arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmıştır. (Aksoy ve Sever,2012) internet kullanıcılarının sayısının gün geçtikçe arttığını, ancak çoğu kullanıcının çevrimiçi alışverişe güvenmedikleri için kişisel bilgilerini web siteleriyle paylaşma konusunda isteksiz olduklarını bulmuştur. (Cesur ve Tayfur ,2015) çevrimiçi alışveriş davranışında algılanan tüketici risklerini belirlemek için üniversite öğrencileri üzerinde bir araştırma yapmıştır. (Çetin ,2014) akademisyenlerin internet alışverişindeki davranışlarını ve onları alışverişe yönlendiren faktörleri belirlemiştir. (Doğrul ,2012) tüketicilerin alışveriş davranışını etkileyen nedenleri belirlemiş ve elektronik alışveriş ortamında yapılan alışverişleri faydacı ve hedonik motifler açısından değerlendirmiştir.

(Durmuş ve Tayyar ,2017) AHP ve TOPSİS yönteminde en iyi üç alternatif siteyi kullanarak güvenilirlik, gizlilik, ödeme kolaylığı ürünleri ile web sitesi performansı ile bilgi ve çeşitliliğe dayalı dört kriter de dahil olmak üzere Türkiye'deki en iyi online alışveriş sitelerini belirlemişlerdir. (Dulkadir ve Akkoyun,2013) Malatya'da faaliyet gösteren tekstil firmaları kapsamında elektronik ticaret kullanan işletmelerin kendi işletmeleri ve işletme dışı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. (Durmaz vd.,2015), gelişen internet teknolojileri ve satış noktaları ile değişen çevrimiçi pazarlama hakkında bilgiler ortaya koymuştur. (Hayran vd.,2017) Türkiye'de internette alışveriş yapan bireylerin risk algısını cinsiyet farklılıkları açısından değerlendirilmiştir. (Gümül ,2015) algılanan faydaların, tüketici deneyiminin ve satış promosyonlarının tüketicilerin çevrimiçi alışveriş davranışlarını önemli ölçüde etkilediğini bulmuştur. (İşler vd.,2014) çevrimiçi ürün satın alan tüketicilerin davranışlarını etkileyen faktörleri, bu faktörlere yönelik gelişen tutumları ve bu tutumların demografik değişkenlerle ilişkisini araştırmıştır. (Spectrum ve Falcon,2013) Türkiye'de elektronik perakende sektörünü, internet üzerinden alışveriş yapan

tüketicilerin profilini ve internet yapısını belirleme nedenlerini açıklamayı tercih edip etmediklerini belirlemiştir. (Kızılaslan ve Ünal,2015) fırsatları, fırsatları, tehditleri, eksiklikleri ve e-ticaretin tarım sektörüne katkısını araştırmışlardır. (Karlıdağ ve Bulut,2015) e-alışveriş sitelerinin tüketicilerin kişisel bilgilerini korumak için hangi politikaları uyguladığını analiz etmiştir. (Mürütsoy ,2013) akademik ve idari personel ile yaptığı anketle yaş, gelir dağılımı, cinsiyet, eğitim durumu, internette önceki satın alma deneyimleri ve bilgi düzeyleri gibi konuların tüketici davranışını nasıl etkilediğini belirlemeye çalışmıştır. (Sertoğlu vd.,2017) tüketicilerin e-alışveriş davranışlarını belirlemiş ve satın alma karar sürecinin hangi aşamasında internetin daha yoğun kullanıldığını belirlemiştir. (Oskaybaş vd.,2014) hazır giyim sektöründe tüketicilerin sanal mağaza tercihlerini belirleyen faktörleri belirlemiştir.

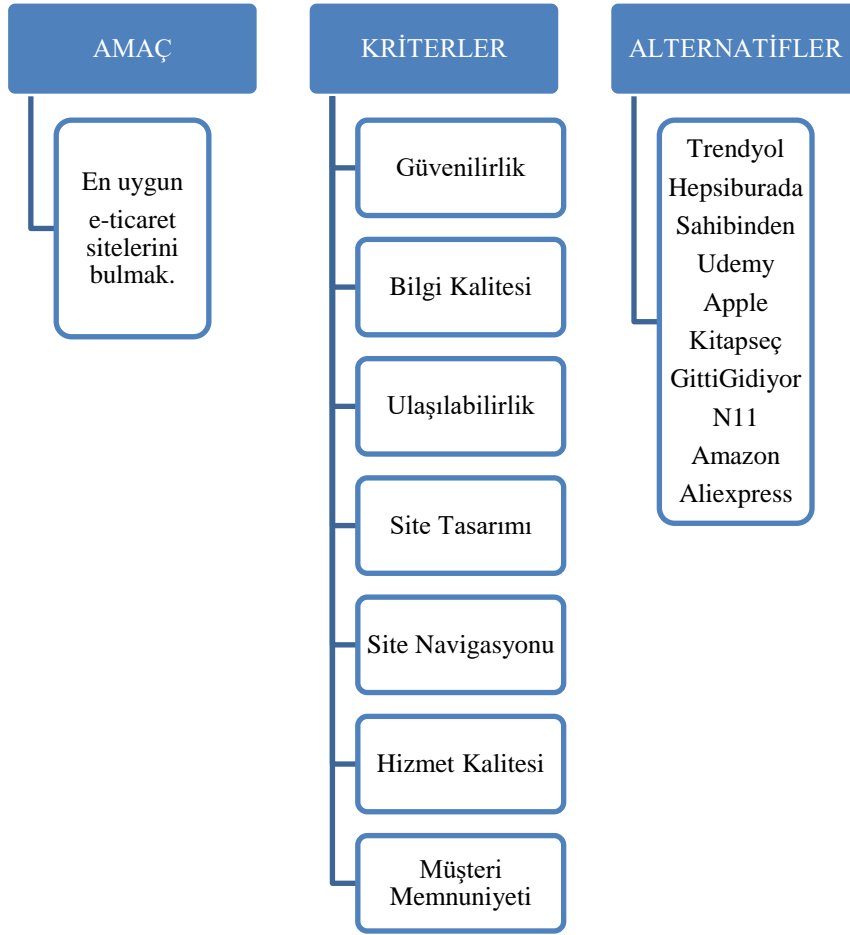
(Kılıç,2015) elektronik ticaretin hem tüketici hem de işletme açısından faydalarına vurgu yaparak, tüketicilerin elektronik ticaret yoluyla alışveriş yapmaktan kaçınmasının dezavantajlarını ve nedenlerini vurguladı. (Sayılı ve Büyükköroğlu,2012) Tokat'ta yaşayan tüketicilerin e-ticaret yoluyla gıda ürünleri satın almaya yönelik tutumlarını etkileyen sosyo-ekonomik faktörleri incelemiştir.

(Şimşek,2016) e-ticaret sitelerinin güvenilirliğini, banka çalışanlarının internet ortamına olan güvenini ve online alışverişini tercih eden banka çalışanlarının risk eğilimlerini; banka çalışanlarının e-ticarete güven tutumları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı araştırmıştır. (Terzi ve Mandal,2016) perakende sektöründe faaliyet gösteren firmaların e-ticaret ve e-lojistik bağlamında güçlü ve zayıf yönlerini, tehditlerini ve fırsatlarını ortaya koymuştur. (Üster,2015) internette alışveriş yapan tüketicilerin kontrolsüz satın alma eğilimlerini incelemiştir.

(Yılmaz ve Tümtürk ,2015) internette alışveriş yapan tüketicilerin niyetini etkileyen faktörleri belirlemek için Teknoloji Kabul Modeli ve Yapısal Eşitlik Modelini kullanmıştır. (Yılmaz vd.,2016) çevrimiçi alışverişte müşteri şikayet niyet ve davranışlarını yapısal eşitlik modeli kullanarak incelemiştir. (Yalçın ,2012) müşterilerin online alışverişteki davranışlarını ve özellikle günün fırsatından duydukları memnuniyeti araştırmıştır.

(Yavuz ve Gov ,2015) farklı demografik özelliklere sahip tüketicilerin elektronik ticarete yönelik algılarını belirlemiştir

2.5 Veri Toplama



Şekil 7. Modelin Amacı

Şekil 7 çalışmanın genel amacının gösterimidir. Online alışveriş sağlayan en uygun e-ticaret sitesini seçmek için 7 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler; sitede navigasyonu, site tasarımı, bilgi kalitesi, müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi, güvenilirlik, ulaşılabilirliktir. Kriterleri bütünsel bir yaklaşımla değerlendirildi ve ardından her bir kriterin önemini AHP ve TOPSİS yöntemleriyle belirlendi ve bu model ile belirlenen her e-ticaret sitesinin kullanılabilirlik puanlarını analiz edilmiştir.

Uygulamanın temel amacı, uluslararası site analizi yapan Alexa verilerine göre site trafik yoğunluğu açısından 10 siteyi belirleyerek e-ticaret alışveriş sitelerinin kullanıcı arayüzünün kullanılabilirliğini değerlendirmektir. Bu kapsamda belirlenen alanlar için literatürdeki önemli kriterler araştırılmış, her bir kriteri ölçmek için sorular hazırlanmış ve anketler oluşturulmuştur.

Araştırmada AHP ve TOPSİS yöntemi kullanılacağından, kriterlerin daha hassas değerlendirilmesi çalışılmış ve 10 e-ticaret sitesi için 10 farklı anket oluşturulmuştur. Her anket, 8 tane demografik, 13 tane kullanıcıların çevrimiçi alışveriş alışkanlıklarını değerlendiren toplam 21 sorudan oluşmaktadır.

Anket soruları beşli likert ölçeğine göre hazırlanmıştır. Online bir platformda oluşturulan anketler sonuçlandırıldıktan sonra e-ticaret uzmanı 4 mühendis tarafından değerlendirildikten sonra veri toplama süreci online olarak ilgili kullanıcılara gönderilerek başlatılmıştır.

Veri toplama sürecinde sosyal medya platformlarından destek alınarak toplam 366 kişiye ulaşılmıştır. Ankete başlamadan önce kullanıcılara rehberlik eden bölümler kullanılarak kullanıcıların deneyimleri ölçülmüştür.

Tablo 8. Kriterlerin Kaynağı

Kriterler	Anket Soruları
Site Navigasyonu	Alışveriş yaparken alacağım ürünle ilgili sitenin beni doğru ürüne yönlendirmesini beklerim (Childers vd, 2001).
Site Tasarımı	Site tasarımının iyi olması (site ana sayfa görselliği, yönlendirme tuşları gibi) online alışverişte tercih sebebidir (Enginkaya, 2006).
Bilgi Kalitesi	Alışveriş yaptığım e-ticaret sitesinin ürün görsellerinden çok ürünler hakkında detaylı açıklamalar yapması daha önemlidir (Ahuja vd., 2003).
Müşteri Memnuniyeti	Alışveriş yaptığım e-ticaret sitesinin satış öncesi ve sonrası hizmet kalitesi site seçimimi etkilemektedir (Kurt ve Hacıoğlu, 2008).
Hizmet Kalitesi	Alışveriş yaptığım sitenin dijital bir yardımcı (yardımcı düğme) olması o siteyi tercih etme sebebidir (Ahn vd., 2007; Santouridis vd., 2009).
Güvenilirlik	Çevremdeki pek çok kişinin benzer sitelerden alışveriş yapması o sitenin güvenilirliğini göstermektedir (Menon,2018 ;Algür,2011; Keaveney, 2001; Monsuwé, 2004).
Ulaşılabilirlik	Siteye giriş yaptığımda üyelik istemeden ürüne bakıp sepete ekleyebilmem siteyi tercih sebebidir (Reibstein, 2002).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1.Demografik Analiz

Araştırmaya katılanların %73,22'si kadın, %26,78'i erkektir. Elde edilen bulguya göre, anketi cevaplayanların büyük bir kısmı kadındır. Cevaplayanların yaş gruplarına göre dağılımı şöyledir; 18-25 yaş grubu, katılanların %66,12'sini, 26-35 yaş grubu, %19,13'ünü, 36-45 yaş grubu, %9,30'unu, 46- 55 yaş grubu, 4,64'ünüve son olarak 55 yaş üstü ise %0,81'ini oluşturmaktadır. Bu bulgulara göre, cevaplayanların çoğu 18-25 yaş grubunda ve genç kişilerdir. Anketi cevaplayanların %2,18'i ilkokul mezunu, %12,30'u lise mezunu, %73,22'si lisans mezunu ve %12,30'u

lisansüstü mezunu kişilerden oluşmaktadır. Elde edilen bulguya göre cevaplayanların çoğu lisans mezunu kişilerdir. Bu durum, cevaplayan kişilerin eğitim düzeylerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Anketi cevaplayanların %39,90'ı 0-1000, %20,70'i 1000-3000, %23'ü 3000-5000, %16,40'ı 5000- den fazla gelir grubunda olan kişilerden oluşmaktadır. Elde edilen bu bulgu ankete katılanların çoğunun 0-1000 gelir aralığında olduğunu göstermektedir. Cevaplayıcılar genel olarak düşük gelir grubunda olan kişilerdir. Anketi cevaplayanların online alışverişini yaptıkları platform, %20'si websitesi, %32'si mobil uygulama, %48'i her iki platformdan yapmaktadır. Elde edilen bulguya göre, katılımcıların online alışverişini her iki platformdan yaptığını göstermektedir.

Tablo 9. Anket Katılımcılarının Profili

Cinsiyet	s	%	Gelir Düzeyi	s	%
<i>Kadın</i>	268	73,22%	<i>0-1000</i>	146	39,90%
<i>Erkek</i>	98	26,78%	<i>1000-3000</i>	76	20,70%
<i>Toplam</i>	366	100,00%	<i>3000-5000</i>	84	23,00%
Yaş	s	%	<i>5000+</i>	60	16,40%
<i>18-25</i>	242	66,12%	<i>Toplam</i>	366	100,00%
<i>26-35</i>	70	19,13%	Çevrimiçi Alışveriş Platformu	s	%
<i>36-45</i>	34	9,30%	<i>Website</i>	73	20,00%
<i>46-55</i>	17	4,64%	<i>Mobil uygulama</i>	117	32,00%
<i>55+</i>	3	0,81%	<i>Her iki platform</i>	176	48,00%
<i>Toplam</i>	366	100,00%	<i>Toplam</i>	366	100,00%
Eğitim	s	%			
<i>İlkokul</i>	8	2,18%			
<i>Lise</i>	45	12,30%			
<i>Lisans</i>	268	73,22%			
<i>Lisansüstü</i>	45	12,30%			
<i>Toplam</i>	366	100,00%			

3.2. AHP Metodu Uygulama Aşamaları

Çevrimiçi alışveriş imkânı sağlayan 10 e-ticaret sitesi 7 farklı kriter ile kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Değerlendirme yöntemlerinden AHP tarafından tanımlanan probleme göre sırasıyla AHP adımları takip edilmiştir. Tablo 10'da çalışmada kullanılan kriterlerin kodları verilmiştir.

Tablo 10. Kriterlerin Kodları

K1: Güvenirlilik
K2: Bilgi Kalitesi
K3: Erişim
K4: Site Tasarımı
K5: Site Navigasyonu
K6: Hizmet Kalitesi
K7: Müşteri Memnuniyeti

AHP yöntemiyle 7 kriter ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilip kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Ms Excel formatında oluşturulan Tablo 11'de kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 11. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Kriter Ağırlığı
K1	1,00	7,00	3,00	3,00	0,33	0,20	0,20	0,12
K2	0,14	1,00	0,33	0,14	0,20	0,33	0,20	0,03
K3	0,33	3,00	1,00	5,00	0,14	0,20	0,33	0,09
K4	0,33	7,00	0,20	1,00	0,50	5,00	0,33	0,14
K5	3,00	5,00	7,00	2,00	1,00	3,00	2,00	0,27
K6	5,00	3,00	5,00	0,20	0,33	1,00	0,33	0,14
K7	5,00	5,00	3,00	3,00	0,50	3,00	1,00	0,21

Bu ikili karşılaştırmaya göre, e-ticaret sitelerini değerlendirmek için hangi kriterin daha yüksek öneme sahip olduğunun belirlenmesi amaçlanmaktadır. İkili karşılaştırma matrisindeki köşegen elemanların değerlerinin belirlenmesinde, herhangi bir alternatifin kendisi ile karşılaştırılmasında verilecek yargının "eşit derecede tercih edildiği" göz önünde bulundurulmuştur.

E-ticaret sitesi tasarımı konusunda uzman ve bu alanda çalışmış kişilerin bireysel görüşlerine göre ve çalışmada kullanılan anket sonuçlarına göre analizler yapılmıştır. Bu karşılaştırma matrisine göre alışveriş sitesi seçiminde en önemli kriter 0.27 ağırlığındaki

site navigasyonu kriteri olarak belirlenmiştir. Bunu müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi, site tasarımı, güvenilirlik, sitelerin erişim kriterleri takip etmektedir. En az önemli kriter 0,03 puanla bilgi kalitesidir. Bu ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı hesaplanmış olup, 0.07 değeri 0.1'den küçük bulunmuştur. Bu, yapılan kriter analizinin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Alternatif olarak tanımlanan e-ticaret sitelerinin değerlendirme matrisi oluşturulmuş ve kriterler bazında karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Alternatiflerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
<i>Trendyol</i>	0,08	0,11	0,1	0,14	0,19	0,04	0,08
<i>Amazon</i>	0,05	0,05	0,05	0,06	0,02	0,07	0,05
<i>AliExpress</i>	0,05	0,04	0,05	0,12	0,05	0,02	0,04
<i>Kitapseç</i>	0,09	0,08	0,07	0,02	0,03	0,02	0,07
<i>Hepsiburada.com</i>	0,17	0,14	0,2	0,12	0,24	0,11	0,19
<i>N11</i>	0,26	0,25	0,21	0,23	0,17	0,18	0,28
<i>Apple</i>	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03	0,05	0,02
<i>Sahibinden.com</i>	0,03	0,04	0,04	0,06	0,02	0,03	0,03
<i>Udemy</i>	0,11	0,11	0,12	0,04	0,17	0,32	0,1
<i>GittiGidiyor</i>	0,13	0,16	0,12	0,21	0,09	0,17	0,15

AHP yöntemine göre, alternatifler kriterler bazında değerlendirilerek hangi alternatifin hangi kriterde en iyi olduğu

belirlendi. Karşılaştırmaya göre, Trendyol sitesi, 7 kriterden en yüksek puanı site navigasyonundan almıştır. Site navigasyonu

kriterinde en yüksek puanı alan site Hepsiburada olurken Amazon ve Sahibinden bu kriterde diğer sitelere göre daha düşük performanslı olarak değerlendirildi. Amazon, hizmet kalitesi ve site tasarımı açısından yüksek performans elde etmiştir. AliExpress, site tasarım kriterinde yüksek puan elde etmiş ve diğer kriterlerde yaklaşık olarak aynı performansa sahip olmuştur. Hizmet kalitesi kriterinde diğer sitelere göre daha düşük puan almıştır.

Hepsiburada.com sitesi, belirtilen kriterler ve karşılaştırıldığı diğer sitelere göre daha yüksek puana sahip, sadece hizmet kalitesi açısından daha düşük performanslı olarak değerlendirilmiştir. Apple'ın hizmet kalitesi, diğer kriterlere göre daha yüksek puanlı olarak değerlendirilmiş ve kriterlere göre değerlendirmede genellikle rakiplerinden daha düşük puan almıştır. Udemy, hizmet kalitesi kriterlerinde rakip sitelere göre en yüksek puanı alırken, site tasarımında düşük performanslı olarak değerlendirilmiştir. Sahibinden ve GittiGidiyor site tasarımında diğer kriterlere göre daha yüksek puan alırken, site navigasyonu kriterlerinde düşük bir puana sahip olmuştur.

Çapraz karşılaştırmalardan sonra tüm kriterler bazında sitelerinin kullanılabilirliğinin sonuçları Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. AHP Metodu Sonuçları

N11	0,19
Hepsiburada.com	0,17
Udemy	0,14
GittiGidiyor	0,14
Trendyol	0,11
AliExpress	0,05
Kitapseç	0,04
Amazon.com.tr	0,04
Sahibinden	0,03
Apple	0,02

AHP yöntemine göre en yüksek kullanılabilirlik puanına sahip olan Site N11; en düşük puana sahip site Apple'dır. Udemy ve GittiGidiyor siteleri değerlendirmeye göre yüksek puanlarla yakın bir performans sergilemektedir.

3.3. TOPSİS Metodu Uygulama Aşamaları

Çalışmada kullanılan TOPSİS metodu, e-ticaret sitelerinin kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla uygulanmış olan diğer karar verme yöntemidir. Aşağıda TOPSİS yöntemin uygulanışı verilmiştir.

Topsis'in ilk aşaması olan karar verme matrisi AHP metodundaki gibi oluşturulmuştur. Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. Kriterlerin Karar Verme Matrisi

	K1	K2	K3	C4	C5	C6	C7
Trendyol	4	5	5	5	6	3	6
Amazon	3	4	3	3	2	6	5
AliExpress	3	3	3	4	4	2	4
Kitapseç	4	4	4	2	3	2	5
Hepsiburada	6	6	7	4	7	6	7
N11	7	8	7	7	6	7	8
Apple	2	2	2	2	3	5	2
Sahibinden	2	3	3	3	2	3	3
Udemy	5	5	6	3	6	8	6
GittiGidiyor	5	7	6	6	5	7	7

Karar matrisi belirlendikten sonra karar matrisinin normalleştirilmesi gerçekleştirilir. Karar matrisi için normalizasyon değerleri Tablo 15'de gösterilmektedir.

Tablo 15. Karar Matrisinin Normalleştirme Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Trendyol	0,2879	0,3143	0,3214	0,3758	0,4009	0,178	0,34
Amazon	0,2159	0,2515	0,1928	0,2255	0,1336	0,355	0,28
AliExpress	0,2159	0,1886	0,1928	0,3007	0,2673	0,118	0,23
Kitapseç	0,2879	0,2515	0,2571	0,1503	0,2004	0,118	0,28
Hepsiburada	0,4318	0,3772	0,45	0,3007	0,4677	0,355	0,4
N11	0,5038	0,503	0,45	0,5262	0,4009	0,415	0,45
Apple	0,1439	0,1257	0,1286	0,1503	0,2004	0,296	0,11

Sahibinden	0,1439	0,1886	0,1928	0,2255	0,1336	0,178	0,17
Udemy	0,3599	0,3143	0,3857	0,2255	0,4009	0,474	0,34
GittiGidiyor	0,3599	0,4401	0,3857	0,451	0,3341	0,415	0,4

Karar matrisinin normalizasyon değerleri belirlendikten sonra, çalışmada analiz dönemi için kullanılan kriterler ve bu kriterlere verilen ağırlık değerleri Tablo 16'da gösterilmiştir. Kriterler belirlenen değerlere göre ağırlıklandırılır.

Tablo 16. Kriterlerin Ağırlık Değerleri

Kriterler	Ağırlık Vektörü
Güvenirlilik	0,12
Bilgi Kalitesi	0,03
Ulaşılabilirlik	0,09
Site Tasarımı	0,14
Site Navigasyonu	0,27
Hizmet Kalitesi	0,14
Müşteri Memnuniyeti	0,21

Daha sonra kriterlere verilen anlamlılık düzeylerine göre normalize edilmiş matris çarpımı yapılarak ağırlıklı matris elde edilir.

Ağırlıklı "D" matrisinde amaca göre V^* ve V^- (maksimum ve minimum) değerleri belirlenmiş, S^* ve S değerleri kullanılarak performans puanları ve sıralamaları belirlenmiştir.

Tablo 17. Sitelerin "D" Ağırlıklandırma Matrisi ile İdeal Verilerin Belirlenmesi

	V^*	V^-
Trendyol	0,5442	0,0837
Amazon	0,5607	0,0355
AliExpress	0,5583	0,0497
Kitapseç	0,5523	0,0425
Hepsiburada	0,5253	0,1069
N11	0,5157	0,0965
Apple	0,1209	0,5597
Sahibinden	0,5725	0,0322
Udemy	0,5352	0,0873
GittiGidiyor	0,5342	0,0741

Yapılan aşamalara göre sitelerin kullanılabilirlik puanları (S değerleri) Tablo 18'deki gibidir.

Tablo 18. E-ticaret Sitelerinin Sıralaması ve Hesaplanan Performans Puanları

	S değerleri
Sahibinden	1,5725
Amazon	1,5607
AliExpress	1,5583
Kitapseç	1,5523
Trendyol	1,5442
Udemy	1,5352
GittiGidiyor	1,5342

Hepsiburada	1,5253
N11	1,5157
Apple	1,1209

Tablo 18'e göre en iyi site performansı Sahibinden e-ticaret sitesi gösterirken, bu sırayı Amazon ve Aliexpress izlemiştir. Apple sitesi diğer alternatiflere göre daha düşük performanslı bulunmuştur.

Uygulanan AHP ve Topsis yöntemine göre farklı bulgular elde edilmiştir. AHP metoduna göre 7 kriterden en çok önem verilen kriterler, site navigasyonu ve müşteri memnuniyetidir. Site kullanılabilirliği performansında ise Apple her iki yöntem de düşük puan almıştır. Amazon sitesi TOPSİS de yüksek puan alırken AHP de aynı performansı göstermemiştir. Udemy, GittiGidiyor, Trendyol siteleri iki yöntem de benzer sonuçlar elde etmiştir.

4. Sonuç

Online alışverişi tercih eden tüketiciler, en iyi e-ticaret sitesini belirlemek istemektedir. E-ticaret siteleri ise kullanıcı kullanılabilirliğini müşterilerinin beklentilerine göre üst seviyeye getirmek istemektedir. Belirlenen bu amaçlar doğrultusunda e-ticaret sitelerinin kullanılabilirliğinde hangi kriterlerin performansı etkilediğini belirleyebilmek ve en iyi e-ticaret sitesini seçebilmek için çoklu karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSİS ile siteler değerlendirilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

Gelişen teknoloji ve internet çağı sayesinde tüketicilerin tutumu da değişmiş, tüketiciler çevrimiçi alışveriş alışkanlığını edinmiştir. Durum böyle gelişince ticaret kuruluşları "e-ticaret" adı altında online alışveriş imkânı sağlamış olup bu döngüyü ivmeli şekilde geliştirmektedir. Gelişen e-ticaret sektörü sayesinde rekabet de artmıştır. Firmalar en iyi olabilmek, mevcut müşterilerini koruyup pazarını daha da artırmak için yarış halindedir. Bu sirkülasyonda optimum sonuçlar elde etmek için e-ticaret siteleri müşterilerin sesini iyi dinlemektedir. Müşterilerin önceliği, kullandıkları web sitesinin kolaylığı ve alışverişin güvenilir şekilde gerçekleştirilebilmesidir.

Bu çalışmada, e-ticaret sitelerinin kullanılabilirliği çoklu karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSİS ile değerlendirilmiştir. Site trafiği en yoğun olan 10 e-ticaret sitesi belirlenip ardından literatür taramasına göre kullanıcıların ve tasarımcıların en çok tercih ettiği 7 kriter ile problemin çözümüne gidilmiştir. AHP ve TOPSİS yöntemleri uygulanırken site tasarımında uzman kişilerin görüşleri ve çalışmada uygulanan anket çalışmasına göre müşterilerin beklentileri dikkate alınarak çapraz kıyaslamalar yapıp sonuçlar ele alınmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre kullanıcıların e-ticaret sitesi seçerken en çok dikkat ettiği kriter site navigasyonu, en az önem verdiği kriter ise bilgi kalitesi olarak bulunmuştur. Kullanıcılar alışveriş yaparken sitede kolay gezinmek istemektedir. Belirlenen kriterler ve alternatifler doğrultusunda AHP analizine göre kullanılabilirlik

puanı en yüksek olan siteler n11 ve Trendyol; en düşük puana sahip site Apple olmuştur. Udemey ve GittiGidiyor siteleri değerlendirmeye göre yüksek puanlarla yakın bir performans sergilmektedir. Çalışmada uygulanan TOPSİS yöntemi ile sonuçlarda farklılaşma olduğu görülmüştür. Ağırlıklı tablo hesaplamalarına göre kullanılabilirliği en iyi olan siteler Sahibinden, AliExpress ve Amazon olurken, en düşük performansa sahip site ise Apple olmuştur.

Dijitalleşen dünyada pazarda yer almak şirketlerin online platformlarda yer alması kaçınılmaz bir koşuldur. Müşteriler e-ticaret sitesi üzerinden firmaları tanırlar ve buna göre alışveriş tercihlerini belirler. Bu araştırmanın sonuçlarında tüketicilerin büyük çoğunluğunun e-ticaret sitelerinde alışveriş yapma sıklığının önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Geleneksel mağaza anlayışının dışında firmaların web sitesi ve mobil cihazlardaki yüzü potansiyel müşterilerini belirler. Site tasarımı, ödeme kolaylığı, ürün çeşitliliği ve ürün bilgileri, hizmet kalitesi siteyi tercih etme davranışını etkilemektedir.

Çok kriterli karar verme problemleri kullanılarak nesnel yaklaşımlarla alternatif yol izlenip seçim yapılmıştır. Belirlenen kriterler arasında hiyerarşik yapı dikkate alınarak çalışmanın amacına uygun AHP ve TOPSİS tercih edilmiştir. Çalışmanın, kullanılan matematiksel yöntemlerle ileride yapılacak çalışmalara yön verebileceği öngörülebilir.

Bu çalışmanın sonuçlarında, satın alma niyetinin sadece ürün özelliğine bağlı olmadığı, erişilebilirliği ve kişisel asistanların sunduğu hizmeti de kapsadığı görülmektedir. Ayrıca tüketicilerin alışveriş yapma niyetlerinin değiştiği sonucuna varılmıştır. Firmalar, e-ticarette birçok ürün ve hizmet konsepti arasındaki rekabeti maksimum optimizasyon seviyesinde tutabilmek için mobil uygulamalarını ve kullanılabilirliklerini güncel tutmalıdır.

Kaynakça

Adepoju, S. A., Oyefolahan, I. O., Abdullahi, M. B., & Mohammed, A. A. (2020). MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING BASED APPROACHES IN WEBSITE QUALITY AND USABILITY EVALUATION: A SYSTEMATIC REVIEW. *Journal of Information and Communication Technology*, 19(3), 399-436.

Adıgüzel, A. T. (2010). Sanal Mağaza Atmosferini Etkileyen Özellikler ve Tüketici Tercihleri Üzerindeki Rolü: Online Tüketiciler Üzerine Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Aksoy, R. & Sever, H. (2012). Elektronik Pazarlarlarda Güven Problemi ve Kriminal Faaliyetler. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2 (1), 154-164.

Armağan, E. A. & Turan, A. H. (2014). İnternet Üzerinden Alışveriş: Demografik Faktörlerin, Bireysel İhtiyaçların Etkisi Üzerine Ampirik Bir Değerlendirme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28 (3), 1-22.

Arora, M. (2016). Selection of parameters of E-commerce websites using AHP. In *Proceeding of 2nd Conference on Innovative Practices in Information Technology & Operations Management* (pp. 22-27).

Aydın, S., & Derer, E. (2015). E-Ticarette Güven Unsurunun Müşterilerin Satın Alma Davranışlarına Olan Etkisi: Süleyman Semirel Üniversitesi Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma. *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 21(1), 127-150.

Aziz, U. A., Wibisono, A., & Nisafani, A. S. (2019). Measuring the quality of e-commerce websites using analytical hierarchy process. *Telkomnika*, 17(3), 1202-1208.

Calisir, F., Bayraktaroğlu, A. E., Gumussoy, C. A., Topcu, Y. I., & Mutlu, T. (2010). The relative importance of usability and functionality factors for online auction and shopping web sites. *Online Information Review*.

Cesur, Z., & Tayfur, G. (2015). İnternette Alışveriş Davranışında Algılanan Tüketici Riskleri: Üniversite Öğrencileri Üzerinde Bir Araştırma. *Meslek Dergisi*, 5(1), 19-33.

Coşkun, R. (2019). A New Fuzzy Based Marketing Performance Measurement Model with a Real Case Study. *Econder International Academic Journal*, 3 (1), 41-73.

Çetin, H. (2014). Online (Çevrim İçi) Alışverişte Akademisyen Davranışları ve Alışverişe Yönelten Etkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(4), 65-76.

Doğaner, M. (2007). Elektronik Ticaret Türkiye'de Elektronik Ticaretin Gelişimi ve İşletmeden Tüketicilere Elektronik Ticaret Üzerine Bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

Doğrul, Ü. (2012). Elektronik Alışveriş Davranışında Faydacı ve Hedonik Güdülerin Etkisi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4(1), 321-331.

Dulkadir, B., & Akkoyun, B. (2013). Elektronik Ticaretin İşletmelerin Dış Çevresi Açısından Değerlendirilmesi: Malatya İli Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(6), 1-14.

Durmaz, Y., İlhan, A., & İnce, E. (2015). Theoretical Approach to Online Marketing. *International Journal of Computers & Technology*, 14(11), 6244-6249.

Durmuş, M., & Tayyar, N. (2017). AHP ve TOPSIS ile Farklı Kriter Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Kullanılması ve Karar Verici Görüşleriyle Karşılaştırılması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(3), 65- 80.

Dündar, S., Fatih, E., & Özdemir, Ş. (2007). Fuzzy Topsis Yöntemi İle Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 287-305.

Ertemel, A. V., & Celik, B. (2016). An exploratory analysis of online shopping behavior in Turkey. *International Journal of Commerce and Finance*, 2(1), 67-80.

Fernandes, F. R., & Paschoarelli, L. C. (2014, June). Online Shopping Websites: An Evaluation of User Experience and Interface Ergonomic Criteria from the Perspective of Older Users. In *International Conference of Design, User Experience, and Usability* (pp. 104-115). Springer, Cham.

Gümül, F. (2015). Tüketicilerin İnternette Alışveriş Davranışını Etkileyen Faktörler: Yüzüncü Yıl Üniversitesi Öğretim Elemanları Üzerinde Bir Uygulama (Yüksek Lisans Tezi). Van: Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Hayran, S., Gül, A., & Duru, S. (2017). Türkiye'de İnternette Alışveriş Yapan Bireylerin Risk Algılarının Cinsiyet Farklılıklarına Göre Değerlendirilmesi. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 48-57.

Kahraman, C., Onar, S. Ç., & Öztayşi, B. (2018). B2C marketplace prioritization using hesitant fuzzy linguistic AHP. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20(7), 2202-2215.

Kang, D., Jang, W., & Park, Y. (2016). Evaluation of e-commerce websites using fuzzy hierarchical TOPSIS based on ES-QUAL. *Applied Soft Computing*, 42, 53-65.

- Lai, I., HUANG, Y. F., SIANG, J. H., & WENG, M. W. (2020). Evaluation of Key Success Factors for Web Design in Taiwan's Bike Case Study. *The Journal of Asian Finance, Economics, and Business*, 7(11), 927-937.
- Lin, H. F. (2010). An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. *Computers & Education*, 54(4), 877-888.
- Masudin, I., & Saputro, T. E. (2016, February). Evaluation of B2C website based on the usability factors by using fuzzy AHP & hierarchical fuzzy TOPSIS. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 114, No. 1, p. 012091). IOP Publishing.
- Nagpal, R., Mehrotra, D., & Bhatia, P. K. (2016). Usability evaluation of website using combined weighted method: Fuzzy AHP and entropy approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 7(4), 408-417.
- Omurbek, N., & Simsek, A. (2014). Selection of online shopping site based on analytic hierarchy process and analytic network process methods. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22, 306-327.
- Ozok, A. A., & Wei, J. (2010). An empirical comparison of consumer usability preferences in online shopping using stationary and mobile devices: results from a college student population. *Electronic Commerce Research*, 10(2), 111-137.
- ÖZKAN, N. F., & YAVUZ, F. G. (2019). USING FUZZY TOPSIS AND REGRESSION BASED WEIGHTS TO RANK E-COMMERCE WEBSITES. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 116-124.
- Rouyendegh, B. D., Topuz, K., Dag, A., & Oztekin, A. (2019). An AHP-IFT integrated model for performance evaluation of E-commerce web sites. *Information Systems Frontiers*, 21(6), 1345-1355.
- Roy, S., Pattnaik, P. K., & Mall, R. (2017). Quality assurance of academic websites using usability testing: an experimental study with AHP. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(1), 1-11.
- Shin, J. I., Chung, K. H., Oh, J. S., & Lee, C. W. (2013). The effect of site quality on repurchase intention in Internet shopping through mediating variables: The case of university students in South Korea. *International Journal of Information Management*, 33(3), 453-463.
- Sukrat, S., & Papasratorn, B. (2018). An architectural framework for developing a recommendation system to enhance vendors' capability in C2C social commerce. *Social Network Analysis and Mining*, 8(1), 1-13.
- Sun, C. C., & Lin, G. T. (2009). Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the competitive advantages of shopping websites. *Expert Systems with Applications*, 36(9), 11764-11771.
- Supçiller, A , Bulak, M . (2020). Mobil Uygulamaların Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (3), 711-723.
- Şimşek Yağlı, B., & Yalçın, N. (2018). ISO 25010 kalite modeli çerçevesinde teknoloji mağazalarının internet sitelerinin çok kriterli analizi: Türkiye örneği (Master's thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi).



Gözlük Çerçevesi Üretimi İçin Otomatik Bir Sistem Geliştirme

Rıza İlhan^{1*}

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendislik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8975-9942)

(International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) 2021 – 11-13 June 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.952696)

ATIF/REFERENCE: İlhan, R. (2021). Gözlük Çerçevesi Üretimi İçin Otomatik Bir Sistem Geliştirme. *European Journal of Science and Technology*, (26), 510-515.

Özet

Gözlüğün çerçevesi tipik olarak el aletleri kullanılarak adım adım yapılır. Bu süreç zaman alıcı, maliyetli ve hassas üretim için daha az doğru sonuçlar vermektedir. Bu makalede, gözlük çerçevesi üretmek için otomatik bir sistem sunulmuştur. Üretimde mekanize edilerek seri üretimde daha fazla ürün üretilmesi hedeflenmektedir. Yerli endüstriyel aparatların tasarımı ve üretimi çalışmaları bu amaç doğrultusunda sürdürülmektedir. Önerilen sistem robotik bir kol ve bir aparattan oluşmaktadır. Altı serbestlik derecesine (DOF) sahip robotik el kaynak için, aparat ise çerçeve parçalarını sabit bir konumda tutmak için kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, sistem kabul edilebilir performans göstermiş olup, mevcut üretim sistemleri ile ilgili eksiklikleri giderebilecek kapasiteye sahip sonuçlara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Robotik, Gözlük, Otomasyon

Developing an Automated System for Production of Eyeglasses Frame

Abstract

Eyeglass's frame typically is made step-by-step using hand tools. This process is time-consuming, costly, and less accurate for precise manufacturing. In this paper, an automated system to manufacture eyeglass frames is introduced. It is aimed to manufacture more products in mass production by mechanizing in production. The design and production of the domestic industrial apparatus are included in this purpose. The proposed system is composed of a robotic arm and an apparatus. The robotic hand having six degrees of freedom (DOF) is used for welding and the apparatus is used to hold frame parts in a fixed position. The system showed acceptable performance to remove shortcomings regarding current production system.

Keywords: Robotics, Glasses, Automation

* Sorumlu Yazar: Rıza İlhan İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendislik Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8975-9942, gilkhanisarkandi@aydin.edu.tr

1. Giriş

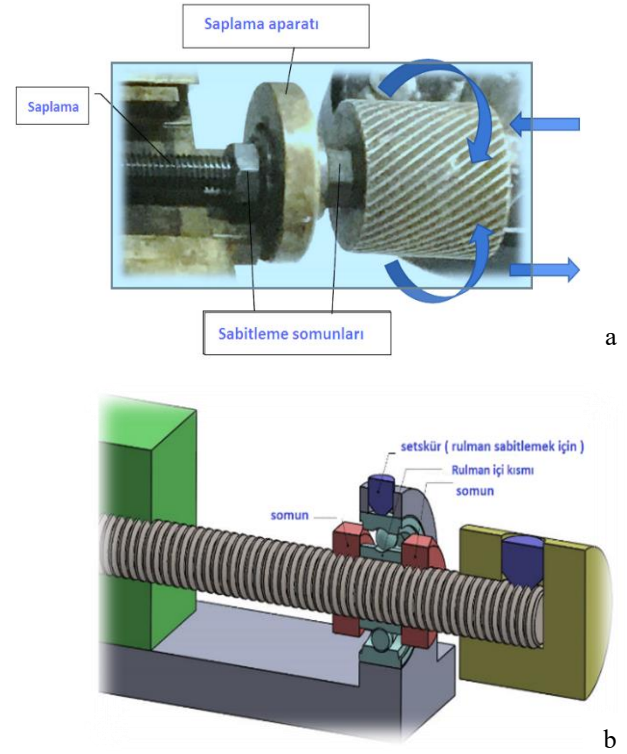
Gözlük ve güneş gözlüğü, gözlük pazarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu iki ürünün üretimi yüksek derecede ciddiyet ve doğruluk gerektirir. Bu nedenle, fabrikada kullanılan teknolojinin ve çalışanların önemi çok büyüktür. Model, gözlüklerin üretildiği hammaddeye bağlı olarak değişir. Gözlükler, üretim malzemelerine göre üç kategoride sınıflandırılır. Bunlar; metal gözlükler, plastik gözlükler ve bileşik gözlüklerdir. Malzeme olarak farklı üretim şekilleri mevcuttur (Speck et al., 2014; Goldstein, 1997). Malzeme belirlendikten sonra burun aralığı, lastik ebatları ve üretilecek model uzunluklarından sonra üretimi standart hale getirmek için aparatlar üretilir. Bu aparatlar çeşitli sorunlara sahiptir. Bunun yanı sıra yapılan gözlükler manual ve adım adım üretildikleri için düşük kaliteli ve uzun bir zamanda üretilmektedir.

Bu araştırma metal gözlükler ile ilgili yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan modelin alanında en çok üretilen modellerden olması ve birçok farklı alt modellere uygulama imkanı sağlaması nedeni ile üretimin büyük bir bölümüne uygulanabilir olan bu otomatik sistem geliştirilmiştir. Çeşitli modellerin kaynak işlemleri gerekli aparat ayarlama, robot ayarlama ve kontrol işlemlerinin yapılmasından sonra kullanılacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Aparat Tasarımı

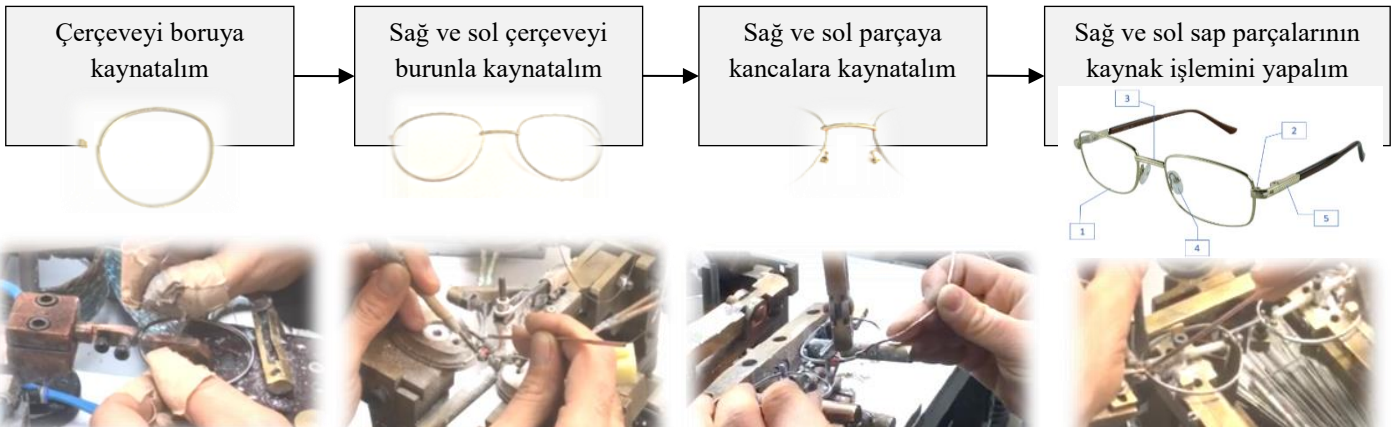
Gözlükler genellikle çeşitli parçalardan oluşmaktadır. Bu parçalar birbirine kaynatılıp gözlüğün çerçevesini oluştururlar. Optik veya güneş gözlüklerinde olsun gözlüklerin çeşitli model ve şekilleri bulunmaktadır. Genellikle optik gözlükler temel beş parçadan oluşmaktadır. Araştırmamızın konusu olan 1157 model gözlük çerçevesi beş temel parça ile toplam olarak dokuz parçadan oluşmaktadır. Bu parçaları birbirine kaynatma adımları, Şekil 1'de gösterilmiştir. Şimdiki üretim işlemi dört aşamaya gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar ardı ardına yapılmaktadır. Her bir aşamanın üstüne parçaların sabitlendiği özel bir kalıbı vardır. Kaynak işlemi manuel olarak personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla gözlüğün kalitesi ve üretim hızı personele dayanmaktadır. Şimdiki üretim metodunun en önemli dezavantajları a) Düşük kalite b) Üretim işleminin yavaş ve uzun süreli olması ve c) Eski ve ilkel olması gibi nedenler olarak düşünülebilir. Ayrıca üretimde kullanılan aparatların sorunları ve önerilen çözümleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:



Şekil 2: Birinci sorun için önerilen çözüm. Bir rulman ve iki somun kullanılmıştır.

2.1.1. Aparatın doğrusal hareketi

Özellikle bu kalıbın sıkıntısı doğrusal eksenlere bağlı hareket eden bölümlerinde gözlenmektedir. Nedeni ise doğrusal eksenleri saplama yoluyla ayarlama yapılmasıdır. Şekil 2a da görüldüğü gibi saplama iki rondela ve iki somunla her iki tarafa bağlanmıştır. Bu iki somun saplama ile kaynaştırılmış olup saplamayı aparata bağlamaktadır. Ancak saplamanın serbest dönme alanı olması için somunlar tam sıkılmamalıdır. Somunlar tam sıkılmayacağı için saplamada doğrusal eksene paralel olarak boşluklar oluşacaktır. Bu boşluk ise kalıbın ayarlanmasındaki sorunun ana çekirdeğidir, çünkü doğrusal eksenlerde boşluklar oluştuğunda ayarlama kontrolü mümkün olmamaktadır. Saplama çok az sağa doğru daha sonra sola doğru döndürüldüğünde saplamaya bağlı eksenin hareket etmediği görülmektedir. Oysa eksen saplama döndürüldüğünde hareket etmelidir. Önerilen çözüm Şekil 2b de gösterilmektedir. Bu yöntemle bir rulman kullanılmıştır.



Şekil 1: 1157 gözlük çerçevesi, bileşenleri ve Gözlüğün oluşturulmasının adımları

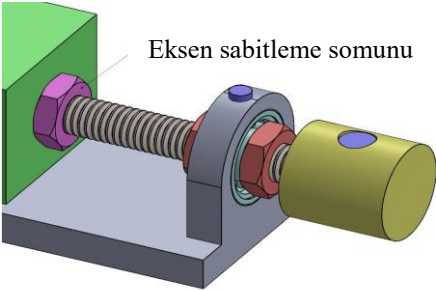
Rulmanın dış kısmı aparata sabitlenmiştir. İç kısmı ise iki somunla saplama sıkıştırılmıştır. Bu yöntemle saplama özgürce kendi ekseninde dönebilecek ve doğrusal hareketi engelleyebilecektir.

2.1.2. Aparatın sabitlemesi

Aparat ayarlandıktan sonra sabitleme işlemleri yapılırken sıkıntı yaşanmaktadır. Bu sorunun temel nedeni eksenlere sabitleştiren vidalardır. Çünkü aparatı ayarladıktan sonrası parçalarını sabitleştirme işlemi vidalarla eksenlere sabitleyerek gerçekleştirilmektedir. Ancak saplamanın hareket özgürlüğü ve bir önceki bölümde bahsedilen gibi bulunan boşluklar nedeniyle vidalar sıkıldığında eksen de vida hareketine bağlı sağa doğru kaymalara neden olmaktadır. Şekil 3a eksenleri sabitleştiren vidaları göstermektedir. Önerilen çözüm Şekil 3b de gösterilmektedir. Bu sorunun çözümü ise, kolayca saplamayı somun ile sabitleştirmektir. Böylece hiçbir kayma yaşanmadan eksen sabitleştirilecektir. Tabi bir önceki bölümde bahsettiğimiz eski aparata boşluklar nedeniyle somun yerleştirilememekteydi, ancak yeni tasarımda bütün boşluk sorunları çözülmüş olabilmektedir. Böylece saplamayı sabitleştirmekle eksen de sabitleştirilmiştir.



a

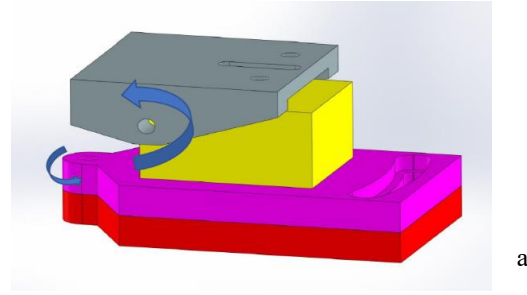


b

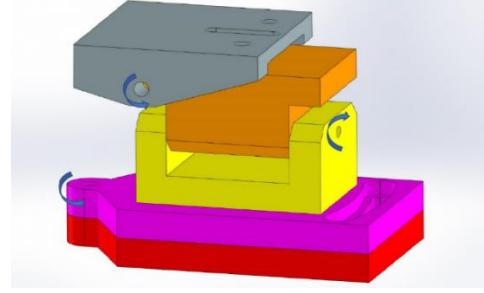
Şekil 3: İkinci sorun için önerilen çözüm.

2.1.3. Aparatın bölümleri arasında oluşan kaymalar

Zamanla aparatın bölümleri arasında kaymalar oluşur. Bu kaymalar aparatın ayarında değişikliğe neden olur. Bu nedenle bazı gözlükleri bu kalıbın üstüne sabitlemek mümkün değildir. Şekil 4a parçaların aralarında kanal olmadan nasıl yerleştirildiği gösteriyor. Burada görüldüğü gibi bu sorun kalıbı oluşturan hemen bütün parçalarda bulunmaktadır çünkü bütün parçalar aralarında kanal olmadan birbirine bağlanmışlardır. Eksenlerin kayma sorununun çözülmesi amacıyla bu çalışmada, Şekil 4b'de görüldüğü gibi "ray ve araba" yöntemi kullanılarak yeni eksenler tasarlanmıştır. Aynı zamanda bir taraftan rayların diğer taraftan arabaların yerleştirileceği kanallar açılmıştır. Bu yöntemle, kırılmaç slaytları (dovetail slides), yüksek kalite olan lineer ray ve arabalar (linear guide rail) ile değiştirilerek sürtünme



a



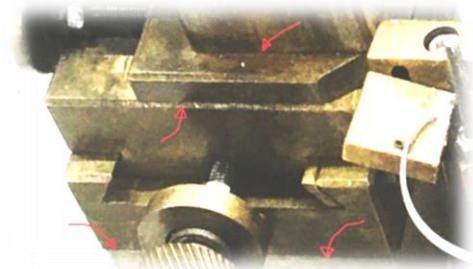
b

Şekil 4: Üçüncü sorun için önerilen çözüm.

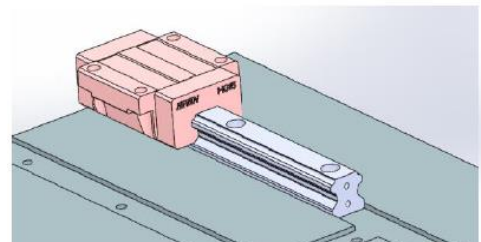
engellenmiştir. Böylece, aparatın daha uzun ömürlü ve daha çok dakik olması mümkün olabilmektedir.

2.1.4. Serbestlik derecesi

Gözlüklerin kenar kısımlarına uygulanan kaynağın verimi serbestlik derecesi ile ilişkilendirilebilir. Düşük serbestlik derecelerinden ötürü bazı gözlüklerin kaynak kabiliyetleri kısıtlamaktadır. Özellikle çoğu gözlükler altı serbestlik derecesi seviyeli olmaktadır. Sap gözlüğün çerçevesiyle bağlandığında sapın yerleştirilme kenarı son derece hassas kenarda olmaktadır. Bu nedenle kenarı sisteme aktarabilmek için kalıbın esnek olması gerekmektedir. Ancak eski aparatta eksik dairesel eksenler bulunmaktadır. Şekil 5a eski aparatların dairesel eksenlerini göstermektedir. Bu sorunun çözülmesi için üçüncü dairesel eksen eklenerek yeni bir tasarım yapılmıştır. Şekil 5b'de görüldüğü gibi bu yeni tasarımla kalıbın ayarlaması bütün eksenlerle gerçekleştirilebilmektedir. Bu yöntemle, bazı gözlüklere özel yeni aparat üretimine ihtiyaç duyulmadan, üretilen bütün gözlüklerin

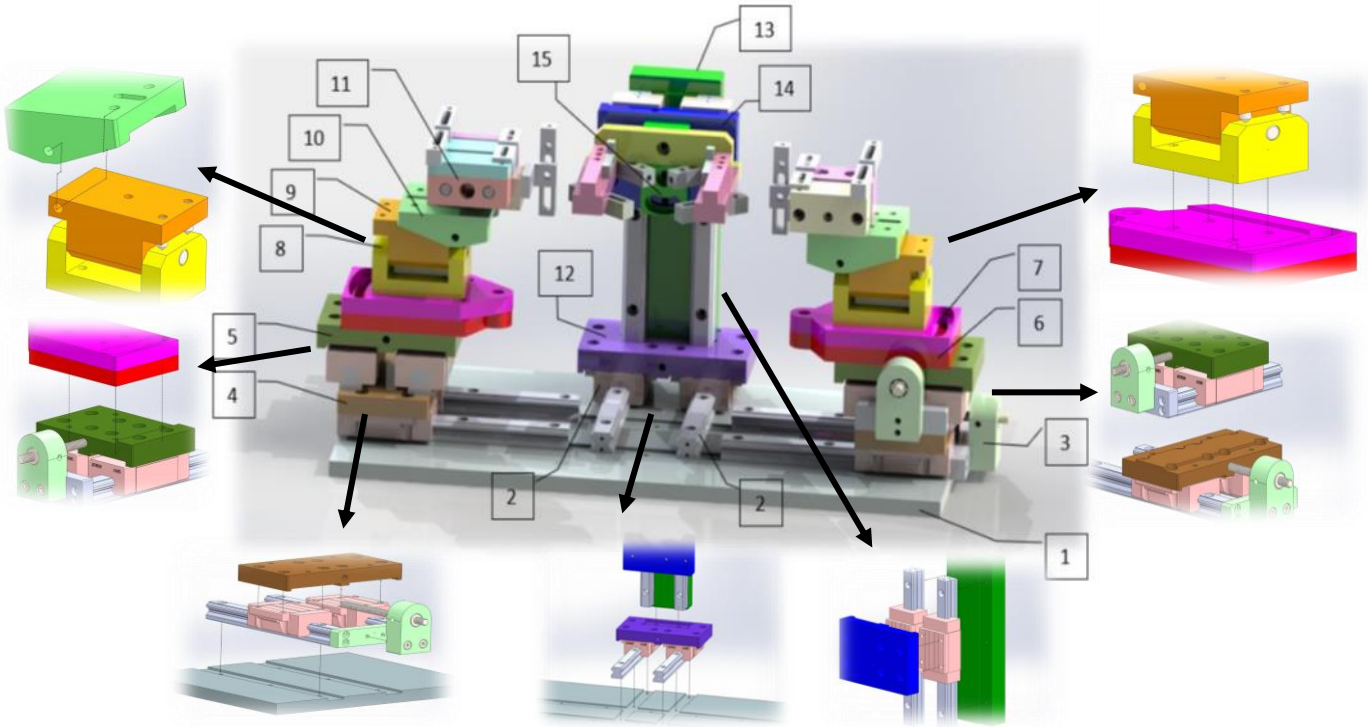


a



b

Şekil 5: Serbestlik derecesini artırmak için önerilen çözüm.



Şekil 6: Aparatın parçaları 1) Aparat alt parçası 2) Kızaklı ray araba sistemi (XX) 3) Saplamalı ayar seti 4) X eksen arabası 5) Y eksen arabası 6) C Döner eksen alt parçası 7) C Döner eksen üst parçası 8) B Döner eksen alt parçası 9) B Döner eksen üst parçası

tutulabileceği tek bir aparat tasarlanabilir. Bu şekilde üretimin maliyeti düşecektir.

Önerilen çözümler toplandığında kalıbın son tasarımı Şekil 6 gibidir. Bu tasarımda parçalar arasında hiç boşluk yoktur. Yerleştirme kanallarından dolayı bütün parçalar doğru şekilde tam yerine yerleşebilmektedir. Sabitleme işlemi, istenilen ayarda hiçbir kayma veya değişim olmadan kalıbı basitçe somunla sabitleştirme imkânı verir. “Kırlangıç slaytları” yerine “lineer ray ve arabalar” sayesinde eksenler arasında sürtünme meydana gelmemekte ve sonuç olarak doğru ayarlamalar yapılabilmektedir.

Doğrusal X eksen Şekil 6 de gösterildiği gibi “lineer ray ve arabalar” kullanılarak tasarlanmıştır. Bu yöntemle “kırlangıç slaytlar”ında yaşanan sürtünme sorunları ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda ayarlamının kontrolü daha kolay mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte rayların ana plakada yerleştirileceği kanallar açılmıştır. Böylece tamamen tasarlandığı noktaya yerleştirilebilecek ve zamanla kayma riski olmayacaktır. Aynı zamanda rayları yerleştirmede aynı hedefle X ekseninin hareketli masasına yerleştirilecek olan arabanın kanalları da açılmıştır. Aparatta sağda ve solda doğrusal eksen X bulunduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Doğrusal Y eksen X ekseninin üzerine yerleştirileceğinden, Y ekseninin raylarını X ekseninin arabasına dikey şekilde yerleştirmek gerekir. Rayların yerleştirileceği kanalları açma konusunda çözüm metodu uygulanarak, Şekil 6 da Y ekseninin ray kanallarını X ekseninin üst yüzeyin de açıldığı gösterilmektedir. Y ekseninin hareketli alt yüzeyine arabanın yerleşeceği kanallar açılmıştır. Aparatta sağda ve solda Y doğrusal eksenleri bulunmaktadır.

Döner eksen A için tasarım da yerleşme ve dayanma yeri açılmıştır. Bu şekilde konum en ince şekilde belirlenebilecektir.

Bu yerleşme yeri Y ekseninin üst yüzeyin açılmıştır. Bu parçalardan sağda ve solda iki adet bulunmaktadır.

Döner eksen B, A ve B eksenlerini bağlayan parça eklemeli olmalı ve iki eksene dikey şekilde yerleştirilmelidir. Bu şekilde aparat için altı farklı eksenli döner ek bir eksen şekillenecektir. Bu eksenle sapın çerçeveye yerleşme kenarına istinaden kalıbı ayarlamak mümkün olacaktır. Aynı zamanda aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ince kalibrasyon için eksenin iki tarafına vidalar eklendi. Parçalar sağ ve sol taraflar da görülmektedir.

C döner eksenli saplamalı ayar setini bağlayan parçaların yerleştirme kanallarına konumlandırılmıştır. Böylece parçanın zamanla kayma ihtimali engellenmiş ve daha sabit yerleşmesi sağlanmıştır.

Doğrusal Z eksen temel yapısı açısından X ve Y eksenleriyle benzerdir. Tasarım açısından Z eksen öncelikle dikey şekilde konumlandırılmıştır. Daha sonra eksene paralel olarak ray sistemi yerleştirilmiştir. Rayları sabitleştirmek için ray yerleştirme kanalları açılmıştır. Açılan ray yerleştirme kanalları ile araba sistemi Z ekseninde sabitlenmiştir.

Bazı gözlüklerin küçük bazı gözlüklerin büyük olması nedeniyle, aynı zamanda her defasında sağ – sol X eksenini ayarlamamak adına, X eksenine uyumlu Z ekseninin altına doğrusal yardımcı eksen yerleştirildi. Bu eksen kalibrasyon işleminde yardımcı olacaktır. Bazı durumlarda bu eksen ayarlamak sağ ve sol X eksenini ayarlanmasını gerektirmeyecektir. Aynı zamanda tasarımı bir önceki doğrusal eksenin tasarımına benzemektedir. Aynı şekilde kaideye rayların yerleştirileceği kanallar açılacak, arabaların yerleştirileceği kanallar ise XX ekseninin alt masasında açılacaktır. Üst taraftan ise Z eksenini taşıyan dikey kaideye kanallar açılmıştır.

için tek bir kalıbın tasarlanması mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, kalıbın ayarlama işlemi basitleştirilerek zaman kaybı yok edilmiştir. Aparattan istenen performansı elde edebilmek için kalıbın hareket kabiliyetinin çift taraflı önüç serbestlik dereceli tasarlanmasına dikkat edilmiştir. Böyle bir gözlüğün bütün dereceleriyle en ince ve değişken kenarlarını kontrol edebilmek mümkün olmaktadır. Sağ ve sol olmak üzere her iki tarafın X ve Y ekseninde hareket özgürlüğü sağlanmıştır. Bununla birlikte M_z ekseninde dikey dönme hareketi ve M_x , M_y eksenlerinde ise yatay dönme hareketi sağlandığı görülebilmektedir. Bu hareket parçaları yerleştirme ve sabitlemenin bütün imkanlarını sunmaktadır. Tasarlama eksen ve kaydırıcılara dayanarak, kalıbın hareket kalitesine zarar verilmeden ve sarsılmadan hareket etmesi sağlanmaktadır. Robot tasarımında altı serbestlik dereceli olan bir robot kolu seçilmiştir. Robot çalışma uzayında gözlüğün tüm nokta kaynakları yapılabilmektedir. Noktalar manual olarak seçilmiş ve ileri kinematik denklemlere uygulanarak robotun üç işlevcinin de seçilen noktalara yetişmesi mümkün kılınmıştır.

5. Öneriler

Önerilen sistem, mevcut gözlük üretim sisteminin performansını iyileştirir. Gelecekte, kaynak noktalarının konumunu algılayabilen ve aparatın kendisini buna göre ayarlayabildiği bir geri bildirim sisteminin oluşturulması düşünülmektedir. Bu, görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilecektir.

Kaynakça

- Duymazlar, O. (2020). Design and application of a fast inverse kinematics algorithm for 6 dof open chain serial robots. EGE University, Izmir, Turkey
- Goldstein, M. J. (1997). Eyeglasses (Household History Series). Carolrhoda Books.
- Havusoğlu, H. (2014). Robot arm design, kinematic analysis and interactive control, Dokuz Eylül University, Izmir, Turkey
- Iqbal, J., Islam, R. U., & Khan, H. (2012). Modeling and analysis of a 6 DOF robotic arm manipulator. Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering. 3. 300-306.
- Nguyen M.T., Yuan C., Huang J.H. (2019) Kinematic Analysis of A 6-DOF Robotic Arm. In: Uhl T. (eds) Advances in Mechanism and Machine Science. IFToMM WC 2019. Mechanisms and Machine Science, vol 73. Springer, Cham.
- Özüdoğru, F. (2020). Target position joint angles of industrial robot arm model estimating by using constructive neural network and application of controlled trajectory, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey
- Sarıaltın, E. (2017). 5-axis industrial robot arm, Istanbul Gelişim University, Istanbul, Turkey
- Speck, A., Zelzer, B., Langenbacher, A., & Eppig, T. (2014). Quality control of injection molded eyewear by non-contact deflectometry. Journal Of The European Optical Society-Rapid Publications, 9.