

Ejosat

AVRUPA BILIM &
TEKNOLOJİ DERGİSİ

EUROPEAN JOURNAL
OF SCIENCE & TECHNOLOGY



Editörler

- Prof. Dr. Osman Sağdıç (YTÜ) • Prof. Dr. Hüseyin Toros (İTÜ)
- Prof. Dr. Ahmet Doğan (YTÜ)

www.ejosat.com

AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ

EUROPEN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Ejosat Özel Sayı 2020 (ICCEES) / Ejosat Special Issue 2020 (ICCEES) İÇİNDEKİLER LİSTESİ

Modelling of Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Module Using Incremental Conductance Method / Sayfalar : 1-5

Öğretim Görevlisi Sinan YİĞİT, Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

Türkçe Müzikten Duygu Tanıma / Sayfalar : 6-12

Arş. Gör. Serhat HIZLISOY, Doç. Dr. Zekeriya TÜFEKÇİ

Yarı Empedans Kaynaklı İnverter Devresinin Performans Analizi / Sayfalar : 13-20

Ramazan AKKAYA, Arş. Gör. Mustafa Sacid ENDİZ

Simulation of Permanent Magnet Synchronous Motor Driven by a Two-Level SPWM Inverter / Sayfalar : 21-29

Yüksek Lisans Oğuz TAHMAZ, Prof. Dr. Ali Bekir YILDIZ

Geri Dönüştürülebilir Atıkların Materyallerine Göre Sınıflandırılması için Raspberry Pi Tabanlı Donanım Geliştirilmesi / Sayfalar : 30-38

Arş. Gör. Ali SAĞLAM, Melike TAŞ, Nurdan BAYKAN

Two-Stage Sequential Losses based Automatic Hash Code Generation using Siamese Network / Sayfalar : 39-46

Dr. Şaban ÖZTÜRK

Kapasitif Enkoderler için Sağlam bir Algılayıcı Mekaniği / Sayfalar : 47-53

Arş. Gör. Emrehan YAVŞAN, Arş. Gör. Muhammet KARA, Prof. Dr. Mehmet KARALI, Prof. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ

Grain Surface Classification via Machine Learning Methods / Sayfalar : 54-59

Arş. Gör. Huseyin DUYSAK, Arş. Gör. Umut ÖZKAYA, Doç. Dr. Enes YİĞİT

Küresel Grafitli Dökme Demirin Nodülarite ve Küreselliğinin Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi / Sayfalar : 60-64

Ayşe Elif CANBİLEN, Battal Bura ÜRKÜT

KÇ3B-ESA: Hiperspektral Görüntü Sınıflandırması için Yeni 3B Evrişimli Sinir Ağı ve Uzaktan Algılama Uygulaması / Sayfalar : 65-71

Arş. Gör. Mücahit CİHAN, Doç. Dr. Murat CEYLAN

Frekans Modüleli Sürekli Dalga Radarıyla Simüle Edilen Hayati Sinyallerin Temassız Tespiti / Sayfalar : 72-77

Arş. Gör. İbrahim ŞEFLEK, Prof. Dr. Ercan YALDIZ

Ağır Vasıta Hava Kompresörü Piston Segmanı Aşınması Durumlarında K-En Yakın Komşu Algoritmasının Sınıflandırma Performansının İncelenmesi / Sayfalar : 78-90

Yüksek Lisans Emre GÜL, Prof. Dr. Mete KALYONCU

Modeling of Biosorption of Arsenic (V) On Waste Orange Peel Derived Graphene-Like Porous Carbon by Artificial Neural Network Approach / Sayfalar : 91-100

Dr. Ceren KARAMAN

Seviye Yoğunluk Parametresinin ²³⁵Neptinyum ²³⁷Neptinyum ²⁴¹Amerisyum ve ²⁴³Amerisyum Çekirdeklerinin Nötron Fizyonu Reaksiyonuna Ait Tesir Kesitlerine Olan Etkisinin İncelenmesi / Sayfalar : 101-107

Yüksek Lisans Önder SÖNMEZ, Onur KARAMAN

Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Kiraz Meyvesinin Sınıflandırılması / Sayfalar : 108-112

Doktora Hayri İNCEKARA, Dr. Öğr. Üyesi Murat SELEK

Diz Osteoartritinde Tanı İçin Termal Görüntü İşlemenin Uygulanması / Sayfalar : 113-116

- Yüksek Lisans Afrah QALI, Dr. Öğr. Üyesi Murat SELEK
Etkin EEG Özellikleri Çıkarılarak Arousal Tespiti / Sayfalar : 117-122
- Yüksek Lisans Gizemnur EROL, Arş. Gör. Fatma Zehra GÖĞÜŞ, Prof. Dr. Gülay TEZEL
Embedding Encrypted Data into an Image with a Random Pixel Layout Approach / Sayfalar : 123-130
- Yüksek Lisans Coşkun BALKESEN, H. Erdinç KOCER
Düşük Çözünürlüklü Termal Yüz Görüntü Çözünürlüğünün Derin Öğrenme İle Artırılması / Sayfalar : 131-135
- Doktora Fatih Mehmet ŞENALP, Doç. Dr. Murat CEYLAN
Hava Kompresörü Verimliliğine Basınç Yükseltici Kullanımının Etkisinin İncelenmesi / Sayfalar : 136-141
- Yüksek Lisans Ömer YİĞİT, Yüksek Lisans Duran Arif GÖÇER, Prof. Dr. Mete KALYONCU
Microstrip Patch Antenna Design for Military Satellite Communication / Sayfalar : 142-147
- Mustafa KOÇER, Doç. Dr. Mustafa Emre AYDEMİR
Kriminal İnceleme İçin Vücut Sıvılarının Zamana Bağlı Değişiminin Hiperspektral Görüntüleme İle Belirlenmesi / Sayfalar : 148-153
- Yüksek Lisans Rıdvan Safa HATİPOĞLU, Dr. Süleyman CANAN, Doç. Dr. Murat CEYLAN
Kablolü İHA Sistemleri ve Uygulamaları / Sayfalar : 154-159
- Yüksek Lisans Ali KÜÇÜKÇELEBİ, Prof. Dr. Ercan YALDIZ
Kapasitif Açısal Pozisyon Sensörü için CORDIC ile Arktanjan Fonksiyonu Uygulanması / Sayfalar : 160-164
- Arş. Gör. Muhammet KARA, Arş. Gör. Emrehan YAVŞAN, Prof. Dr. Mehmet KARALI, Prof. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ
Automatic Target Recognition (ATR) from SAR Imaginary by Using Machine Learning Techniques / Sayfalar : 165-169
- Dr. Umut ÖZKAYA
Numerical Analysis of an Electromagnetic Plunger / Sayfalar : 170-175
- Yüksek Lisans Önder SÖNMEZ, Yrd. Doç. Dr. Onur KARAMAN
Sportif Faaliyetlerde Kullanılmak Üzere Bir Uzman Sistem Tasarımı / Sayfalar : 176-183
- Dr. Öğretim Görevlisi Serkan ÖRÜCÜ, Dr. Öğr. Üyesi Murat SELEK
Eğitim Amaçlı SDR Tekniklerine Dayalı FPGA Tabanlı Genlik Modüleli Radyo Vericisi Tasarımı ve Uygulanması / Sayfalar : 184-189
- Yüksek Lisans Caner KİREMİTÇİ, Bilgehan ERKAL
Alüminyum Ekstrüzyon Profillerinin Hassas Kesit Ölçümlerinin Görüntü İşleme Teknolojisi İle Gerçekleştirilmesi / Sayfalar : 190-195
- Yüksek Lisans Mehmet YOLDAŞ, Prof. Dr. Cemil SUNGUR
Implementation of Simulation of Possible Short Circuit Fault Situations in Wind Energy Plants By Power Analysis Program / Sayfalar : 196-201
- Yüksek Lisans Mehmet ŞEN, Muciz ÖZCAN
Generation of Electrical Energy From OWC Based Wave Motion / Sayfalar : 202-206
- Yüksek Lisans Havvanur Dilşah DEMİROK, Doç. Dr. H. Erdinç KOCER
Tracking the injury recovery of professional football players with infrared thermography: Preliminary Study / Sayfalar : 207-213
- Yüksek Lisans Mehmet Celalettin ERGENE, Ahmet BAYRAK, Murat CEYLAN
Kamu Binalarında Mevcut Aydınlatma Elemanlarının LED Aydınlatma Elemanlarına Dönüştürülmesi ile Elde Edilecek Elektrik Enerjisi Tasarrufunun Belirlenmesi / Sayfalar : 214-218
- Öğretim Görevlisi Sema YILMAZ, Prof. Dr. Cemil SUNGUR
Mapping Methods With Unmanned Aerial Vehicles "A Review" / Sayfalar : 219-225

- Yüksek Lisans Havvanur Dilşah DEMİROK, Prof. Dr. Cemil SUNGUR, Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU
Kamu Binalarında Proje Dışı Kullanılan Elektrikli Cihazların Yangın Oluşumuna ve Elektrik Tüketimindeki Artışa Etkilerinin Belirlenmesi / Sayfalar : 226-230
- Öğretim Görevlisi Sema YILMAZ, Prof. Dr. Cemil SUNGUR
LTE/5G Mobil Terminaller için Üç Bantlı Dört Elemanlı Log-Periyodik MIMO Anten Dizisi / Sayfalar : 231-236
- Arş. Gör. Mehmet YERLİKAYA, Seyfettin Sinan GÜLTEKİN, Dilek UZER
Evaluation and Comparison of Electromagnetic and Scattering Parameters Data of Two Microstrip Patch Antennas Operating in ISM Band for Cancer Detection / Sayfalar : 237-244
- Arş. Gör. Rabia TOP, Doç. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN, Dr. Öğr. Üyesi Dilek UZER
Fault Location Estimation by Using Machine Learning Methods in Mixed Transmission Lines / Sayfalar : 245-250
- Arş. Gör. Serkan BUDAK, Doç. Dr. Bahadır AKBAL
Artificial Neural Network Model with Firefly Algorithm for Seljuk Star Shaped Microstrip Antenna / Sayfalar : 251-256
- Yüksek Lisans Erdem YELKEN, Dilek UZER
Kablosuz Haberleşme İle Su Kuyuları Otomasyonu / Sayfalar : 257-261
- Doç. Dr. Bahadır AKBAL, Yüksek Lisans Şeyma YAVUZ, Yüksek Lisans Fatma Feyza KÖSE
Design of Communication and Power Systems in Unmanned Underwater Vehicles / Sayfalar : 262-267
- Ercan ATANER, Büşra ÖZDEŞ, Gamze ÖZTÜRK, Taha Yasin Can ÇELİK, Hakan TERZİOĞLU, Akif DURDU
Prediction of Diabetes Mellitus by using Gradient Boosting Classification / Sayfalar : 268-272
- Yüksek Lisans Fatema NUSRAT, Dr. Betül UZBAŞ, Dr. Ömer Kaan BAYKAN
A Revision of the Navigation Path Based on Different Objects / Sayfalar : 273-278
- Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KORKMAZ
A Novel Hybrid IoT Based IDS Using Binary Grey Wolf Optimizer (BGWO) and Naive Bayes (NB) / Sayfalar : 279-286
- Erkan ÜLKER, Ismail Mohamed NUR
Elektrik Tesislerinde Gerilim Kararlılığının Sağlanması için Kullanılan Yöntemler / Sayfalar : 287-292
- Arş. Gör. Tuğçe YEŞİLYURT, Doç. Dr. Bahadır AKBAL
PNL (Perkütan Nefrolitotomi) Ameliyatlarında Kullanılacak Artırılmış Gerçeklik Simülasyonu / Sayfalar : 293-296
- Yüksek Lisans Hüseyin YAMAN, Levent CİVCİK
İnsansız Hava Araçları İçin Görüntü İşleme Tabanlı Otonom İniş / Sayfalar : 297-303
- Yüksek Lisans Mustafa İlker EKMEK, Prof. Dr. Ömer AYDOĞDU
A Novel Electronically Reconfigurable Antenna Design for RFID and GSM 900 MHz Applications / Sayfalar : 304-307
- Yüksek Lisans Hacer DANACI, Doç. Dr. Merih PALANDÖKEN
Elektrikli Araç Şarj Cihazlarında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Yükseltici Tip Dönüştürücünün Analizi / Sayfalar : 308-314
- Arş. Gör. Aybüke ÖZDENTÜRK, Prof. Dr. Ramazan AKKAYA
Classification of Sleep Stages Using PSG Recording Signals / Sayfalar : 315-321
- Yasin KOCA, Prof. Dr. Seral ÖZŞEN, Arş. Gör. Fatma Zehra GÖĞÜŞ, Gülay TEZEL, Serkan KÜÇÜKTÜRK, Hülya VATANSEV
Kalman Filtresi ile Ayırık Zamanlı Durum Tahmini ve Zamanla Değişen Doğrusal Bir Sistemin Adaptif LQR Kontrolü / Sayfalar : 322-331
- Arş. Gör. Mehmet Latif LEVENT, Ömer AYDOĞDU, Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt YÜCELBAŞ
A Deep Learning-Based Quality Control Application / Sayfalar : 332-336
- Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KORKMAZ, Dr. Öğr. Üyesi Mücahid BARSTUĞAN

Yüksek Gerilim Kablo Başlık Arızalarını Önlemede Kılıf Gerilimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması / Sayfalar : 337-344

Doç. Dr. Bahadır AKBAL

Deep Learning Methods in Unmanned Underwater Vehicles / Sayfalar : 345-350

Ercan ATANER, Büşra ÖZDEŞ, Gamze ÖZTÜRK, Taha Yasin Can ÇELİK, Akif DURDU, Hakan TERZİOĞLU

STM32 Based Underwater Control Card Design / Sayfalar : 351-356

Ercan ATANER, Büşra ÖZDEŞ, Akif DURDU, Hakan TERZİOĞLU

Analysis of the Effect on the Thrust Force as a Result of Positioning Thrusters at Different Angles in Underwater Vehicles in CAD Environment / Sayfalar : 357-362

Talha GÜLGÜN, Göksel ALANKAYA, Muhammet Emin DURAN, Mertcan ERDOĞDU, İsmail YALÇINKAYA, Akif DURDU, Hakan TERZİOĞLU

Low-Cost Unmanned Underwater Vehicle Design / Sayfalar : 363-367

Talha GÜLGÜN, Göksel ALANKAYA, Muhammet Emin DURAN, Mertcan ERDOĞDU, İsmail YALÇINKAYA, Akif DURDU, Hakan TERZİOĞLU

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Kullanılabilmesi için CANBUS Wi-Fi Dönüştürücüsü Tasarlanması / Sayfalar : 368-372

Doktora Hasan ÜZÜLMEZ, Dr. Süleyman CANAN, Dr. Öğr. Üyesi Bayram AKDEMİR

Power Control in the DFIG-based Wind Energy System Using OPAL-RT / Sayfalar : 373-379

Arş. Gör. Hale BAKIR, Adel MERABET, Ahmet Afşin KULAKSIZ

Investigation and Implementing on Photovoltaic Systems in North Cyprus / Sayfalar : 380-395

Yrd. Doç. Dr. Omer DAMDELEN, Uğur ŞEKER

Biogas production from the co-digestion of urban solid waste and cattle manure / Sayfalar : 396-403

Arş. Gör. Halil ŞENOL, Mehtap ERŞAN, Emre GÖRGÜN

Modified Region Growing Method For Image Segmentation Using Ant Lion Optimization Algorithm / Sayfalar : 404-411

Yüksek Lisans Bashir Sheikh Abdullahi JAMA, Dr. Nurdan BAYKAN

Diagnosis of Glaucoma Disease by Analyzing the Visual Field with Deep Learning / Sayfalar : 412-416

Mohammed Hussein IBRAHIM, Mehmet HACIBEYOGLU

İki endemik rhoponticoides türünün (R. aytachii, R. iconiensis) üzerine biyokimyasal çalışmalar / Sayfalar : 417-422

Yashar Akbar HAMEED HAMEED, Yavuz BAĞCI

Transfer Learning using Alexnet with Support Vector Machine for Breast Cancer Detection / Sayfalar : 423-430

Doktora Sema ABDULGHANI, Doç. Ahmed FADHİL, Seyfettin Sinan GÜLTEKİN

Rumen Düzenleyicilerinin Tampon Özellikleri Kullanılarak İn Vitro Yöntemiyle Rumen Fermantasyonuna Etkisinin Belirlenmesi / Sayfalar : 431-444

Doktora Fatih ŞAHİNER, Doç. Dr. Musa YAVUZ

LabVIEW Based Modelling System Applied in Maximum Power Point Tracking Techniques / Sayfalar : 445-454

Abdulkadir MÜHENDİS, Prof. Ahmet Afşin KULAKSIZ

Görsel Odometride SIFT, SURF, FAST, STAR ve ORB özellik algılama algoritmalarının Performans ve Takas Değerlendirmesi / Sayfalar : 455-460

Yüksek Lisans Abdullah YUSEFI, Doç. Dr. Akif DURDU, Prof. Dr. Cemil SUNGUR

Data Mining in A Smart Traffic Light Control System Based on Image Processing and KNN Classification Algorithm / Sayfalar : 461-465

Yüksek Lisans Abdullah YUSEFI, Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN, Prof. Dr. Cemil SUNGUR

ORB-SLAM-based 2D Reconstruction of Environment for Indoor Autonomous Navigation of UAVs / Sayfalar : 466-472

Yüksek Lisans Abdullah YUSEFI, Doç. Dr. Akif DURDU, Cemil SUNGUR

Kavramlar Arası WordNet Tabanlı Anlamsal Benzerlik Değerlerinin Farklı Metriklerle Değerlendirilmesi / Sayfalar : 473-479

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Özgür CİNGİZ

Enhancement of Near Field GB-SAR Image Quality Using Beamwidth Filter / Sayfalar : 480-487

Doç. Dr. Enes YİĞİT, Dr. Umut ÖZKAYA, Dr. Şaban ÖZTÜRK

Estimation of Solar Radiation Value using Artificial Intelligence Networks / Sayfalar : 488-497

Öğretim Görevlisi Mustafa ARSLAN, Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU

Computer Control of Z-Axis Movement in Micro Drilling Machine / Sayfalar : 498-503

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU, Öğretim Görevlisi Gökhan YALÇIN, Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ

DJI Tello ile ROS Tabanlı Haritalandırma Simülasyonu / Sayfalar : 504-508

Doç. Dr. Akif DURDU, Yüksek Lisans Ahmet Furkan BÜYÜKKELEK, Doktora Abdullah YUSEFİ, Mert DAĞADASI, Yasin TÜRKMENOĞLU

Kenar Bulma Algoritmaları ile 2 Boyuttan 3 Boyuta Dönüşüm / Sayfalar : 509-521

Yüksek Lisans Cem Berkay KARACA, Dr. Öğr. Üyesi Kemal TUTUNCU

Travel Time Estimation with The Data of Bluetooth Sensors in Intelligent Traffic Systems (ITS) / Sayfalar : 522-529

Dr. Öğr. Üyesi Levent CİVCİK, Yüksek Lisans Semih KOÇAK

Nesnelerin İnternetinde Sahte Kimlik Saldırılarının Makine Öğrenme Yöntemleri ile Tespiti / Sayfalar : 530-536

Öğretim Görevlisi Semih ÇAKIR, Dr. Öğr. Üyesi Nesibe YALÇIN, Dr. Öğr. Üyesi Sinan TOKLU

Suriyeli Mülteci Öğrencilerinin Eğitim Sorunları ve Teknolojisine Erişim ve Çözüm Önerileri: Konya-Selçuklu Örneği / Sayfalar : 537-541

Orhan ÇOBAN, Dr. Mustafa KARTAL, Seyit Taha KETENCİ, Ayşe ÇOBAN



Modelling of Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Module Using Incremental Conductance Method

Sinan Yiğit^{1*}, Mustafa Yağcı²

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6892-1269)

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8336-5261)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat. 802613)

ATIF/REFERENCE: Yigit, S. & Yagci, M. (2020). Modelling of Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Module Using Incremental Conductance Method. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 1-5.

Abstract

Solar energy is of great interest since the beginning of human existence because of its vitality for all living organisms. Once it started to be converted to electrical energy this interest shifted its direction. To date, there have been different types of power electronics methods to harvest the maximum energy from the photovoltaic module. In this study incremental conductance algorithm was summarized and this method for maximum power point tracking was modified for average weather conditions of central Anatolian summer. Maximum power point tracking (MPPT) algorithm provides load matching with the maximum power locus of the photovoltaic (PV) source and in this method PV power remains at its maximum level for different environmental factors such as irradiation and temperature. In incremental conductance method, derivative of power with respect to PV voltage is zero at maximum power point, is negative for right side of the peak and positive for left side of the peak. If this derivative is zero, there is no need for change. However, if it is negative the module voltage needs to be decreased; otherwise it needs to be increased. Increasing or decreasing the voltage depending on the voltage and current measurement was realized by turning on/off the MOSFET which is connected to the DC-DC converter circuit. The proposed model was implemented in the simulation environment and the results were obtained for future experimental verification.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic, Solar Cell, MPPT, Incremental Conductance.

Artımsal İletkenlik Yöntemini Kullanarak Fotovoltaik Modülün Maksimum Güç Noktası Takibinin Modellenmesi

Öz

Güneş enerjisi, tüm yaşayan organizmalar için önemi nedeniyle insan varoluşunun başlangıcından beri büyük ilgi görmektedir. Bu alaka güneş enerjisi, güneş paneli yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülmeye başladığında ilgi başka yöne evrildi. Bugüne kadar, fotovoltaik modülden maksimum enerjiyi elde etmek için farklı tiplerde güç elektroniği yöntemleri olmuştur. Maksimum güç noktası izleme (MPPT) algoritması, fotovoltaik (PV) kaynağın maksimum güç lokusu ile yük eşleşmesi sağlar ve bu yöntemde PV gücü, ışınlama ve sıcaklık gibi farklı çevresel faktörler için maksimum seviyesinde kalır. Bu çalışmada ise MPPT algoritmalarından artımsal iletkenlik tekniği özetlenmiş ve bu maksimum güç noktası izleme yöntemi Orta Anadolu yaz mevsiminin ortalama hava koşulları baz alınarak simüle edilmiştir. Artımsal iletkenlik yönteminde, gücün PV gerilimine göre türevi maksimum güç noktasında sıfır, tepenin sağ tarafı için negatif ve tepenin sol tarafı için pozitifdir. Bu türev sıfır ise herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulmaz. Ancak negatif ise modül voltajının azaltılması gerekir. Eğer pozitif ise daha da henüz güç tepe noktasına ulaşmadığı için artırılması gerekir. Gerilim ve akım ölçümüne bağlı olarak gerilimin artırılması veya azaltılması, dönüştürücü devreye bağlı olan MOSFET açılıp/kapatılarak gerçekleştirildi. Önerilen model simüle edildi ve simulasyondan elde edilen sonuçlar gelecekte yapılması planlanan deneysel çalışma için ümit vericiydi.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Fotovoltaik, Güneş Pili, Maksimum Güç Noktası İzleyici, Artımsal İletkenlik.

* Corresponding Author: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6892-1269, sinan.yigit@erbakan.edu.tr

1. Introduction

Photovoltaic (PV) energy is growing rapidly especially in last three decades and in the globe and it might be a game-changing technology to meet the high-energy demand around the world. Some of the popular utilization of PV energy generation can be listed as streetlights, satellites, telecommunications, heating water, feeding water pump and grain drying for agriculture, water desalination. (Sampaio et al., 2017) Even though solar energy research has lots of benefits such as being environmentally friendly, generating energy on the site without requiring the transfer, low cost energy generation because of solar abundance it is still coming across different constraints like low efficiency of solar module, high cost at the installation and difficulty of financing this technology and institutional restrictions (for instance lacking of infrastructure and qualified technical personnel). (Kabir et al., 2018). The low efficiency constraint can be overcome if the maximum power can be harvested from the PV module. Maximum power point tracking (MPPT) algorithm provides load matching with the maximum power locus of the PV source and in this method PV power remains at its maximum level for different environmental factors such as irradiation and temperature.

To date there have been lots of studies about MPPT and these studies compared the methods with each other by taking complexity, cost, convergence speed, required sensors, implementation hardware and the effects of environmental parameters into consideration (Nabil et al., 2017). One algorithm called the perturb and observation to increase the efficiency of photovoltaic module is based on measuring the power after perturbing the operating point of PV module and changing the rated voltage depending on the increase or decrease of the power measurement (Mohammed et al., 2011). Another method to use the PV module more efficiently is constant voltage algorithm. This method benefits the phenomenon of peak power voltage of the PV module is proportional with open-circuit voltage of the module (Zhihao et al., 2009).

Incremental conductance algorithm was employed in this study to harvest the maximum energy from the photovoltaic module. As expected, derivative of power with respect to PV voltage is zero at maximum power point, is negative for right side of the peak and positive for left side of the peak. If this derivative is zero, there is no need for change. However, if it is negative the module voltage needs to be decreased; otherwise it needs to be increased (Azadeh et al., 2011, Sivakumar et al., 2015, Kok Soon et al., 2014). In this algorithm, that phenomenon is exploited. Most of the studies applying incremental conductance method employed constant step size for MPPT while some used varying step size in this method. Therefore the accuracy and robustness of the system are mostly related to the step size selection. If larger step size is used PV module responds faster but this might cause instability because of the big perturbations. On the other hand, using small step size decreases the oscillation. However, operating the PV module at MPP will take some time since the tracking velocity is slower in this case (Abdelhamid et al., 2016).

2. Material and Method

2.1. Method

2.1.1. Equations and Inequalities

To explain the algorithm the following equations and inequalities are provided. If the module is run on maximum power point the derivative of power respect to the voltage needs to be equal to zero:

$$\frac{dP}{dV} = 0 \quad (1)$$

If the operating point is on the right side of maximum power point:

$$\frac{dP}{dV} < 0 \quad (2)$$

If the operating point is on the left side of maximum power point:

$$\frac{dP}{dV} > 0 \quad (3)$$

Since the power is voltage times current the equation (1) can be rewritten as:

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \quad (4)$$

Similarly, inequalities (2) and (3) can be rearranged as follows:

$$\frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V} \quad (5)$$

$$\frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V} \tag{6}$$

2.1.2. Algorithm and Modelling

Taking the equations and inequalities into account the flow chart (Jae Ho et al., 2006) in Figure 1 was employed for the incremental conductance algorithm in the simulation environment. In this study the algorithm was modelled and simulated in Matlab Simulink. The derivative of power was calculated based on the voltage and current measurements at the output of PV array (M6L60-260, Alfasolar, Turkey). The reason to select this array for the simulation environment is because of having this PV module in hand and being able to use it for experimental studies in the future.

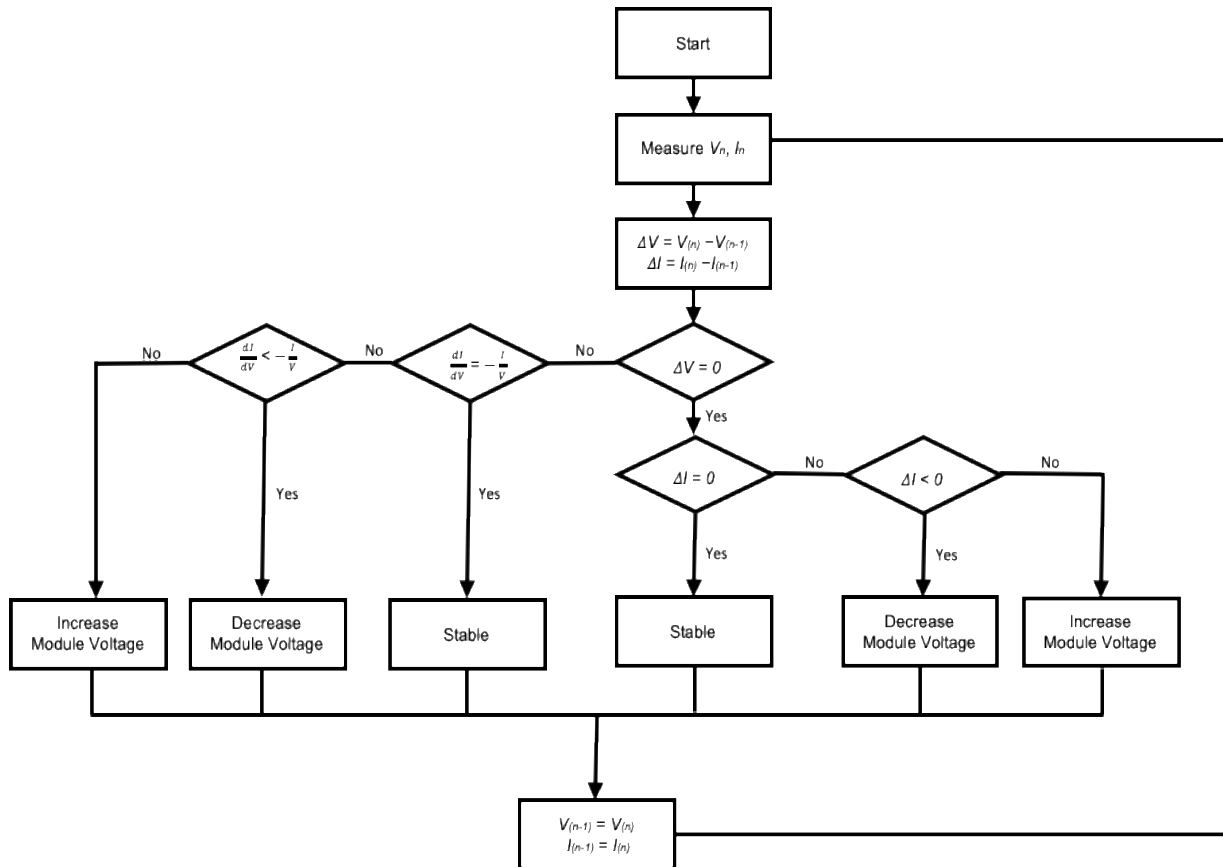


Figure 1. Incremental Conductance Algorithm Flow Chart

3. Results and Discussion

Incremental conductance algorithm has shown better results when compared to the other methods such as perturb and observation, constant voltage, etc. The reason to select this algorithm as the MPPT method in this study to harvest the maximum energy from the photovoltaic module is because of easy to observe the current and voltage on the module. Increasing or decreasing the output voltage depending on the voltage and current measurement was realized by turning on/off the MOSFET which is connected to the PV circuit. As shown in Figure 3 A&B the generated voltage at the model output was able to track the simulated solar irradiance in a robust manner. The simulation results were satisfactory for forecasted future research which will be applying of the algorithm to real PV module and obtaining experimental results with the proposed algorithm.

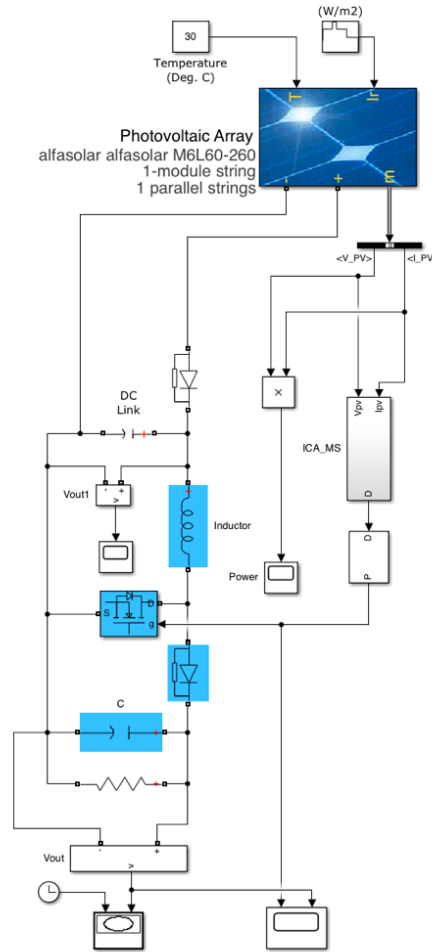


Figure 2. Simulink Model for Incremental Conductance Algorithm

As shown in Figure 3 A&B the generated voltage at the model output was able to track the simulated solar irradiance in a robust manner (even though there are small spikes at irradiance variations the output voltage is still able to track the input power). The simulation results were satisfactory for forecasted future research which will be applying of the algorithm to real PV module and obtaining experimental results with the proposed algorithm.

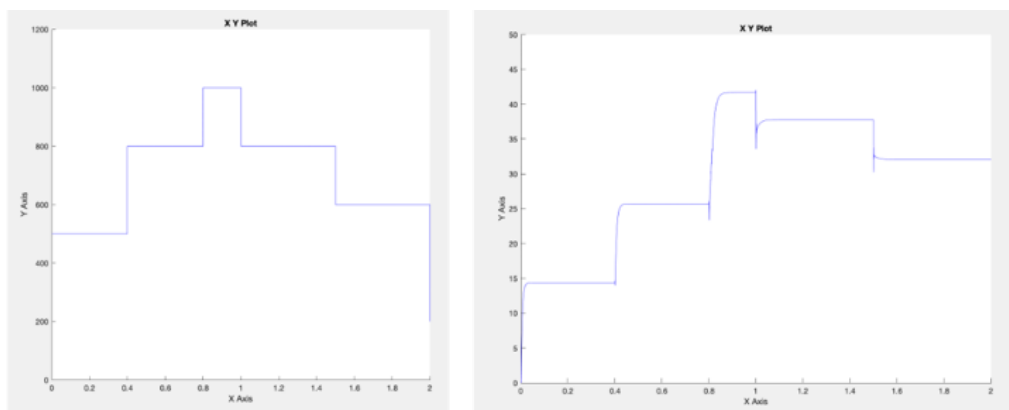


Figure 3 Irradiance (W/m^2) values over time (s) graph (left) B Output voltage (V) of simulated model over time (s) graph (right)

4. Conclusions and Recommendations

In this study incremental conductance algorithm as one of the MPPT methods to yield the maximum efficiency of photovoltaic module was summarized. The temperature and irradiance values used are based on the average central Anatolian summer. While applying the algorithm the step size is optimized to track the input power in a stable and relatively slow way. The result obtained by the help of simulated model is very promising for future research, and the next phase of the study will be applying the algorithm to real PV module and comparing the results with the simulation.

References

- Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590-601.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894-900.
- Karami, Nabil, Nazih Moubayed, and Rachid Outbib. "General review and classification of different MPPT Techniques." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017): 1-18.
- Elgendy, Mohammed A., Bashar Zahawi, and David J. Atkinson. "Assessment of perturb and observe MPPT algorithm implementation techniques for PV pumping applications." *IEEE transactions on sustainable energy* 3, no. 1 (2011): 21-33.
- Ye, Zhihao, and Xiaobo Wu. "Compensation loop design of a photovoltaic system based on constant voltage MPPT." In *2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, pp. 1-4. IEEE, 2009.
- Safari, Azadeh, and Saad Mekhilef. "Incremental conductance MPPT method for PV systems." In *2011 24th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, pp. 000345-000347. IEEE, 2011.
- Sivakumar, P., Abdullah Abdul Kader, Yogeshraj Kaliavaradhan, and M. Arutchelvi. "Analysis and enhancement of PV efficiency with incremental conductance MPPT technique under non-linear loading conditions." *Renewable Energy* 81 (2015): 543-550.
- Tey, Kok Soon, and Saad Mekhilef. "Modified incremental conductance MPPT algorithm to mitigate inaccurate responses under fast-changing solar irradiation level." *Solar Energy* 101 (2014): 333-342.
- aLoukriz, Abdelhamid, Mourad Haddadi, and Sabir Messalti. "Simulation and experimental design of a new advanced variable step size Incremental Conductance MPPT algorithm for PV systems." *ISA transactions* 62 (2016): 30-38.
- Lee, Jae Ho, HyunSu Bae, and Bo Hyung Cho. "Advanced incremental conductance MPPT algorithm with a variable step size." In *2006 12th International Power Electronics and Motion Control Conference*, pp. 603-607. IEEE, 2006.



Türkçe Müzikten Duygu Tanıma

Serhat Hızlısoy^{1*}, Zekeriya Tüfekci²

¹ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8440-5539)

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7835-2741)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat. 802169)

ATIF/REFERENCE: Hızlısoy, S. & Tüfekci, Z. (2020). Türkçe Müzikten Duygu Tanıma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 6-12.

Öz

Müzikten duygu tanıma yapılması, günümüzde hala oldukça zor bir görevdir. Bu çalışmada, müzikten duygu tanıma yapılması için genel problemler tespit edilmiş, bu problemlerin üstesinden gelmek ve sınıflandırma başarısını artırmak için yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu amaçla, çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri ve farklı araçlardan elde edilen öznelikler kullanılarak Türkçe müziklerden duygu tanınması yapılmak istenmiştir. Yöntem olarak Bayes Ağları, Sıralı Minimal Optimizasyon (SMO), Karar Ağaçları (J.48) ve Lojistik Regresyon kullanılmıştır. Bu yöntemler, duygu tanıma yapmak için oluşturulan bir veri tabanı üzerine uygulanmış ve performansları ölçülmüştür. Bu veri tabanı her biri 30 saniyelik 124 müzik alıntısından oluşan Türkçe Duygusal Müzik Veri Tabanı'dır. Müzik sinyallerinden öznelik elde etmek için ise, yapılan çalışmalarda sık sık karşımıza çıkan ve öznelik çıkarma sırasında karşılaşılan sorunlara kapsamlı çözüm sağlayan çeşitli araçlar kullanılmıştır. Bu araçlar çok sayıda farklı öznelik elde etmemize olanak sağlar. Buna ek olarak gereksiz olan öznelikleri çıkarmak ve sınıflandırıcı performansını artırmak amacıyla korelasyon tabanlı öznelik seçme yöntemi (Correlation-based Feature Selection) kullanılmıştır. Her bir araçtan elde edilen özellikler ayrı ayrı kullanılarak, makine öğrenmesi yöntemleri ile birlikte sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırma aşamasında sonuçları değerlendirmek ve karşılaştırmak için 10 kat çapraz doğrulama yöntemi uygulanmıştır. Yapılan çalışmada, elde edilen özneliklere öznelik seçim yöntemi uygulanarak ve Bayes Ağları sınıflandırıcısı kullanılarak %94.35 oranında doğruluk ile duygu tanıma gerçekleştirilmiş ve diğer sınıflandırıcıların hepsinden daha iyi sonuç alınmıştır. Son olarak, bütün araçlardan elde edilen öznelikler bir araya getirilmiş ve bu özneliklere yine seçim işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra ise, Bayes Ağları kullanılarak elde edilen duygu tanıma oranı %1.6 artarak, %95.96 olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Müzik, Duygu Tanıma, Makine Öğrenmesi.

Emotion Recognition From Turkish Music

Abstract

Recognizing emotion from music is still a very difficult task today. In this study, general problems were determined for emotion recognition from music, and approaches were developed to overcome these problems and to increase classification success. For this purpose, emotion recognition from Turkish music was aimed by using various machine learning methods and features obtained from different toolboxes. BayesNet, Sequential Minimal Optimization (SMO), Decision Trees (J.48) and Logistic Regression were used as methods. These methods were applied on a database constructed for emotion recognition and their performance was measured. This database is the Turkish Emotional Music Database consisting of 124 music excerpts of 30 seconds each. In order to obtain features from music signals, various toolboxes have been used that provide comprehensive solutions to the problems encountered frequently during feature extraction. These toolboxes allow us to obtain a large number of different features. In addition, the correlation-based feature selection method (CFS) was used to remove unnecessary features and to increase classifier performance. The classification

* Sorumlu Yazar: Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8440-5539, shizlisoy@cu.edu.tr

was made with machine learning methods, using the features obtained from each toolbox separately. 10-fold cross validation method was applied to evaluate and compare the results at the classification. Accuracy measure was used to evaluate the success of the system. In the study, %94.35 emotion recognition was achieved by using the feature selection method and BayesNet classifier which yielded better results than all other classifiers. Finally, all features are combined and the selection process is made for these features again. After this process, the emotion recognition rate obtained by using BayesNet classifier increased by %1.6 to %95.96.

Keywords: Music, Emotion Recognition, Machine Learning.

1. Giriş

Müziği, birbiriyle uyumlu sesleri bir araya getirerek ritmik bir yapıya sahip anlamlı titreşimler olarak tanımlayabiliriz. Müzik, insanlığın başlangıcından bu yana hayatımızda var olan hem sosyal hem de bireysel olarak önemli bir olgudur. Müzik, insan psikolojisi üzerindeki etkisi ve bir eğlence aracı olarak görülmesi nedeniyle de neredeyse tüm insanlar tarafından sevilmektedir. Müziğin insanlar üzerinde birçok etkisi vardır. Bu etkilerin başında duygu gelir. Çünkü müzik, duyguların ifade edildiği bir sanat olarak da bilinir.

Duygular hayatımızda çok önemli bir rol oynar. Davranışımıza yön vermeye ve o doğrultuda hareket etmemize yardımcı olur. Bu duygular mutluluk, üzüntü, öfke, heyecan ve sakinlik gibi çeşitli başlıklar altında toplanabilir. Duyguların tanımlanması duygu tanıma sistemleri ile gerçekleştirilebilir. İşitsel ve görsel öğeler, duygu tanıma sistemlerinde önemli veriler olarak kullanılır. Bunlara ek olarak, kalp hızı, kan basıncı, beyin dalgaları gibi birçok fizyolojik parametre de kullanılabilir. Konuşmadan duygu tanıma sistemleri veya müzikten duygu tanıma sistemleri, ses öğelerinden duygu tanıma sistemlerine örnek olarak verilebilirler.

Müzik dinlemek insanların duygusal durumunu etkileyebilir. İnsanların duygusal durumları da dinleyecekleri müziğe rehberlik edebilir. Bu nedenle, insanlar mutlu olduklarında hareketli müzik dinleme veya üzgün olduklarında sakin müzik dinleme eğiliminde olabilirler. Son zamanlarda Spotify gibi bu amaca hizmet eden birçok müzik öneri uygulamasının geliştirildiğini görebiliriz. Bu uygulamalar, sinyal işleme veya makine öğrenme tekniklerini kullanarak oluşturulan tanıma sistemleri sayesinde bir müziğin duygusal içeriğini otomatik olarak analiz eder, tanır ve sınıflandırır. Ayrıca müzikten duygu tanıma sistemleri, müzik terapisi ve duygusal bozuklukların tedavisi gibi birçok araştırma için de kullanılır.

Müzikten duygu tanıma yapılması, günümüzde hala oldukça zordur. Çünkü insanların duygu algısı özünde öznel olduğu için aynı müzikten farklı duyguları hissedebilirler. Hissedilen duygu; yaş, cinsiyet, karakter, şarkı sözleri veya çevresel faktörlere göre değişebilir. Dolayısıyla bu tür etmenler dinleyicilerin müzikleri farklı değerlendirmesine neden olur. Bunun dışında, kaliteli veritabanı seçimi, öznitelik çıkarımı ve doğru sınıflandırma yöntemleri kullanımı gibi ele alınması gereken birkaç önemli konu daha vardır. Bu çalışmada müzikten duygunun tanınması için genel problemler tespit edilmiş, bu problemlerin üstesinden gelmek ve sınıflandırma başarısını artırmak için yaklaşımlar geliştirilmiştir.

İlk olarak, bir müzik duygu tanıma sistemi oluşturmak için etiketlenmiş bir duygusal müzik veritabanına ihtiyaç vardır. Etiketleme kalitesi, bu veriler üzerinde eğitilen yöntemlerin başarısında önemli rol oynamaktadır. Müzikteki duyguları etiketlemek için kategorik ve boyutsal olmak üzere iki yaklaşım vardır. Kategorik yaklaşımda, duygular ayrı etiketler kullanılarak karakterize edilir. Bu alandaki en eski çalışmalardan biri Hevner (1936) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sekiz kategoride kümelenmiş 66 duygu etiketi vardır. Duyguları sınıflandırmak için müzikten duygu tanıma ile ilgili yapılan ilk çalışma da ise Y. Feng ve ark. (2003) kullanılmak için üzüntü, mutlu, korku, öfke gibi duyguları seçmiştir. Kategorik modeller sorunludur çünkü kategori sayısı üzerinde fikir birliği yoktur. İkinci yaklaşım olan boyutsal modeller söz konusu olduğunda ise bu sorun ortadan kalkar. Duygular boyutsal alanda bağımsız eksenlerle temsil edilirler. Çalışmalarda genellikle iki boyutlu model kullanılır. Boyutsal modellerin avantajı, kategorik yaklaşımla karşılaştırıldığında belirsizliğin azalmasıdır. Russels (1980) tarafından iki boyuttan oluşan bir model önerilmiştir: değerlik ve aktivasyon. Bu model insanların, duyguları iki farklı boyutta ölçmeleri için güvenilir bir yol sağlamıştır. Aktivasyon eksenini, müzikten hissedilen enerji seviyesini göstermek için kullanılırken, değerlik eksenini, haz veya hoşnutsuzluk seviyesini göstermek için kullanılır.

Oluşturulan veritabanları da müzikten duygu tanımadaki önemli bir rol oynamaktadır. Li ve Ogihara (2003), bu konuda çalışmış ve kendi veritabanlarını oluşturmuşlardır. Çalışmalarındaki temel sorunlarından biri, veritabanındaki müzikleri sınıflandırmak için tek bir değerlendiricinin kullanılmasıydı. Panda ve Paiva (2012) ise 5 duygu kümesi ile etiketlenmiş 903 müzikten oluşan bir veritabanı önermişlerdir. Müziğin duygusal analizi için yapılan bir başka veritabanı ise değerlik ve aktivasyon ile etiketlenmiş 1802 parçadan oluşur (Aljanaki, Yang, ve Soleymani, 2017).

Müzikten duygu tanımanın başarısını etkileyen bir diğer önemli faktörde, müzikten algılanan duyguyu tam olarak karşılayan akustik öznitelikler elde etmemizi sağlayan öznitelik çıkarma işlemidir. Bu zamana kadar araştırmacılar tarafından çok çeşitli akustik öznitelikler bulunmuştur. Müzik ve duyguyu ilişkilendirebilecek artikülasyon, ses perdesi, melodi, uyum, tonalite ve ritim gibi öznitelikler kullanılmıştır. Bu özniteliklere ek olarak enerji, sıfır geçiş hızı, mel frekans kepstrel katsayıları, spektral şekil gibi klasik ses öznitelikleri de kullanılmıştır. Ayrıca bütün bu öznitelikleri toplu olarak elde etmemizi sağlayacak OpenSMILE (Eyben, ve Schuller, 2015), MIRToolbox (Lartillot, ve Toivainen, 2007), YAAFE (Mathieu, ve ark., 2010), JAudio (McKay, 2009) ve Marsyas (Tzanetakis, ve Cook, 1999) gibi araçlar da mevcuttur. Çalışmamızda sınıflandırma başarısını artırmak için gereken öznitelikler, yukarıda bahsi geçen araçlardan OpenSMILE, MIRtoolbox ve JAudio araçları kullanılarak elde edilmiştir.

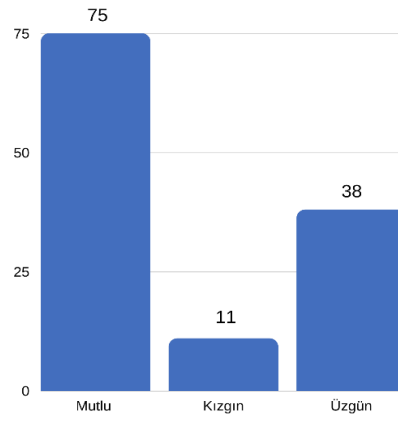
Müzikten duygu tanımadaki bir başka zorlu süreç de doğru sınıflandırıcıyı seçmektir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, çoğunun makine öğrenme yöntemlerini kullandığı görülmektedir (Öztürk ve Özkaya, 2020). Destek vektör makineleri (SVM) (Song, Dixon, ve Pearce, 2012), lojistik regresyon (Kim ve ark., 2010), sıralı minimal optimizasyon (Rocha, Panda, ve Paiva, 2013), karar

ağaçları (J.48) (Grekow, 2015), uzun kısa vadeli hafıza ağları (LSTM) (de Benito-Gorron, 2019), ve derin evrişimli sinir ağı (DCNN) (Sarkar, 2019) gibi sınıflandırıcıların müzikten duyguların tanınması için yapılan birçok çalışmada araştırmacılar tarafından kullanıldığını görmekteyiz. Çalışmanın II. bölümünde kullanılan veritabanı, özniteliklerin nasıl elde edildiği, nasıl seçildiği, kullanılan sınıflandırıcılar ile ilgili bilgileri ve gerçekleştirilme aşamalarını, III. bölümünde çalışma ile elde edilen bulguları ve çalışma ile ilgili tartışmaları, son olarak IV. bölümünde ise çalışmada elde edilen sonuçları bulabilirsiniz.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Tabanı

Yapılan çalışmada geleneksel Türkçe müziklerden oluşturulmuş Türkçe Duygusal Müzik Veriseti kullanılmıştır. Veritabanı şarkıların bir duygu ile temsil edilebileceği düşünülen, farklı türlerde her biri 30 saniye uzunluğunda 124 adet parçanın bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş. Şarkı sözlerinin kişide uyandıracak duyguyu etkileyeceği düşünüldüğü için parçalar sadece müzikten ibaret olacak şekilde meydana getirilmiş. Her bir müzik enstrümanda kullanabilen 21 (5 kadın, 16 erkek) dinleyici tarafından AnnoEmo (Yang ve ark., 2007) programı kullanılarak 2 boyutlu modele göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin ortalama değerleri alındığında 3 farklı bölgede toplanma olduğu görülmüş. Daha sonra bu değerlendirmeler mutlu, üzgün ve kızgın olmak üzere 3 sınıfa adapte edilmiştir. Veritabanındaki müziklerin duygu kategorilerine göre dağılımı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Müziklerin duygu kategorilerine göre dağılımı

2.2. Özniteliklerin Elde Edilmesi

Yapılan bu çalışmada müzik sinyallerine ait öznitelikler, çalışmalarda en çok karşımıza çıkan ve çok sayıda farklı öznitelik elde etmemizi sağlayan OpenSMILE, MIRtoolbox ve JAudio yazılımları kullanılarak toplanmıştır. OpenSMILE kullanılarak logaritmik enerji, sıfır geçiş oranı, spectral geçirgenlik, mel frekansı kestrum katsayısı ve seslilik olasılığı gibi düşük seviye tanımlayıcıları, bu tanımlayıcıların fonksiyonları (min, maks, ortalama vs.) ve hepsinin birinci ve ikinci türevlerine ait istatistik değerleri kullanılarak 6553 öznitelik elde edilmiştir.

MIRToolbox, MATLAB’da yazılan, ses perdesi, tını, tonalite ve diğerleri gibi müzik bilgilerinin çıkarılmasını sağlayan kendine özgü entegre bir dizi fonksiyona sahiptir. Bu araç hem düşük hem de yüksek seviyeli çok sayıda öznitelik çıkardığı için yaygın olarak kullanılır ve bu araç kullanılarak 348 öznitelik elde edilmiştir.

Son olarak, öznitelik çıkarma sırasında karşılaşılan sorunlara kapsamlı bir çözüm sağlayan JAudio kütüphanesi kullanılmış ve 468 öznitelik elde edilmiştir. Java ortamında yazılan bu kütüphane, OpenSMILE ve MIRtoolbox’tan farklı olarak, karekök ortalama, düşük enerji, en güçlü vuruş, doğrusal önkestirim kodlayıcı, kompaktlık, spektral değişkenlik, spektral pürüzsüzlük gibi hem genişletilebilir, hem de kullanımı kolay çok sayıda özelliğin genel kullanımına izin verir. Ayrıca standart sapma, türev ve ortalama gibi herhangi bir öznitelige uygulanarak yeni öznitelikler oluşturan meta özelliklerde bulunur.

2.3. Öznitelik Seçimi

Öznitelik çıkarma işlemi bittikten sonra müziklerden elde ettiğimiz yüzlerce belki de binlerce özniteliğimiz olabilir. Ancak bu özniteliklerin hepsi eşit öneme sahip değildir ve mevcut öznitelikler arasından en iyi olanı seçmek gerekir. Duygu tanıma işlemi için gereksiz olan bu öznitelikleri çıkarmak ve sınıflandırıcı performansını artırmak amacıyla öznitelik seçim işlemi yapılır. Bu işlem için de çalışmamızda, birbiriyle bağlantısı olmayan ama sınıfla ilişkisi yüksek öznitelik alt kümelerini sezgisel fonksiyon aracılığıyla sıralayan korelasyon tabanlı öznitelik seçimi algoritması (Correlation-based Feature Selection) (Hall ve Smith, 1997) kullanılmıştır.

2.4. Sınıflandırıcılar

Eldeki veriler kullanılarak ve belirli özellikler baz alınarak sınıfı belli olmayan verilerin, birbirlerinden yüksek doğruluk oranları ile çeşitli sınıflara ayırt edilmeye çalışılması işlemine sınıflandırma denir. Sınıflandırma bir denetimli öğrenme problemidir. Bu çalışmanın sınıflandırma aşamasında WEKA (Hall ve ark., 2009) aracı kullanılmıştır. Bu araç içerisinde sınıflandırma ve kümeleme algoritmaları gibi çok sayıda veri madenciliği yöntemi bulunmaktadır. Yapılan müzikten duygu tanıma çalışmasında oldukça popüler

olan sıralı minimal optimizasyon, lojistik regresyon, karar ağaçları (J.48) ve Bayes ağları kullanılmıştır ve bu sınıflandırıcılar Weka'da varsayılan parametreleri ile kullanılmıştır.

2.4.1. Sıralı Minimal Optimizasyon

Sıralı minimal optimizasyon algoritması, John Platt (1998) tarafından geliştirilmiş, destek vektör sınıflandırıcısı (SVM) eğitimi amaçlayan basit bir algoritmadır. Bu eğitim büyük miktarda karesel programlama hesaplamaları gerektirir. SMO, SVM'nin aksine bu hesaplamaları ekstra matris depolaması olmadan, küçük problemlere dönüştürerek daha hızlı bir şekilde çözmek için geliştirilmiştir. İç ve dış olmak üzere 2 döngüden oluşur. Dış döngüde en iyi veriler seçilirken, iç döngüde bu verilere göre 2 lagrange çarpanı bulunur. SMO bu iki çarpan için analitik olarak çözüm bulabilir. Böylece karesel programlama probleminin önüne geçilir. Bütün örnekler istenilen seviyeye gelene kadar döngüler çalıştırılır. SMO sınıflandırma problemlerinin dışında regresyon işlemlerinde de kullanılır.

2.4.2. Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon verilerin sınıflandırılmasında kullanılan, standart regresyon analizlerinde olduğu gibi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri araştırarak ve en az değişken ile en iyi uyumu sağlayan matematiksel bir model kuran, esnek, kullanımı rahat, doğrusal olmayan verilerle çalışıldığında başarılı bir yöntemdir (Le Cessie ve Houwelingen, 1992). Lojistik regresyon, birçok istatistiksel analiz metoduyla bezerlikler gösterir. Lojistik regresyon, logit fonksiyonunu kullanır. Logit fonksiyonu, olayın olma olasılığının olmama olasılığına bölünmesiyle elde edilen değerin e tabanında logaritmasının alınmasıyla hesaplanır. Logit fonksiyonunun hesaplanması ile pozitif ve negatif değerler alabilen, 0-1 arasında bir olasılığa geri çevrilebilen metrik bir değişken elde edilmiş olur.

2.4.3. Karar Ağaçları

Karar ağaçları veri yapılarını ifade etmede başarılı ve hızlı, kurulumu ve yorumlanması kolay, ve güvenli olması nedeniyle en çok kullanılan makine öğrenme algoritmalarından biridir. Çalışma Weka da yapıldığı için karar ağacı olarak J.48 algoritması kullanılmıştır. J.48 (Hall ve ark., 2009) çalışmalarda sık kullanılan C4.5 (Quinlan, 1993) algoritmasına dayanır. Bu algoritma karar ağacı oluşturma işlemine dallanmanın hangi niteliğe göre olacağını belirlemek için ilk olarak entropi değerini hesaplayarak başlar ve daha sonra bilgi kazançlarını hesaplayarak devam eder. Bu hesaplamaların amacı en yüksek bilgi kazanımını sağlayan tahmin edici sınıfı bulmaktır. Bilgi kazancının en yüksek olduğu değişken köke yerleştirilir ve ağaç bu değişkenden itibaren dallandırılarak özinelemeli olarak oluşturulur. Kayıp veri varsa, diğer veriler kullanılarak tahmin edilebilir. Amaç, her düğüm az sayıda örnek içerece kadar ağacı büyütmek ve gereksiz düğümleri budama yaparak daha az karmaşık ve anlaşılır bir ağaç elde etmektir.

2.4.4. Bayes Ağları

Bayes ağları, son dönemde sık sık karşımıza çıkan ve birçok alanda veri modelleme ve durum geçişi ifade etmek için kullanılan bir metottür. Judea Pearl (1985) tarafından önerilen bu ağlar, yaşanmış olayları analiz ederek gelecekte yaşanacak olaylarla ilgili çıkarım yapabilmemize olanak sağlar. Bayes Teoremi'nin üzerine inşa edilmiş, olasılık ilişkisi bulunan küme elemanlarının ilişkilerini modellemeye yarayan, belirsiz değerlerin ya da kararların grafiksel olarak gösterimini sağlayan, anlaşılması zor matematiksel ifadeleri ve denklemleri daha kolay incelenebilir hale getiren ağlardır. Bu ağlar sonlu sayıda duruma sahip değişkenleri ifade eden düğümlerden oluşur. Düğümler arasındaki yollar ilgili değişkenler arasındaki olasılıksal ilişkileri açıklar. Değişkenler arasındaki bu ilişkiler, hem ilişkili düğümleri hem de ilişkisiz düğümleri anlatacak şekilde bir yönlendirilmiş döngüsüz diyagram ile gösterilir.

2.5. Gerçekleştirim

Bu çalışmada MIRtoolbox aracından 348, JAudio aracından 468 ve OpenSMILE aracından 6553 olmak üzere toplam 7369 öznitelik elde edilmiştir. Bu öznitelikler hem ayrı ayrı hem de bir arada kullanılarak tanıma yapılmıştır.

Deneysel çalışmalar, Waikato Üniversitesi tarafından açık kaynak kodlu olarak JAVA dili üzerinde geliştirilmiş olan WEKA programı ile yapılmıştır. Sonuçlarını değerlendirmek ve karşılaştırmak için 10 kat çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde veritabanı eşit 10 verisetine ayrılır, 9'u eğitim verisi olarak kullanılarak model oluşturulur. Oluşturulan model doğrulama için ayrılan 1 test verisi üzerinden test edilir ve doğruluk oranı hesaplanır. Herbir veriseti, hem eğitim verisi hem de test verisi olarak kullanana kadar süreç 10 defa tekrar eder. Modelin doğruluk oranı, ayrı ayrı hesaplanan 10 doğruluk oranının aritmetik ortalaması alınarak bulunur.

Oluşturulan bu modellerin başarısını değerlendirmek için doğruluğun dışında, hata matrisi, hata oranı, duyarlılık, kesinlik ve f-ölçütü gibi ölçütlerde kullanılabilir. Bunlar arasında basit ve en popüler olan yöntem modele ait doğruluk oranıdır. Doğruluk oranı Denklem (1) de görüldüğü gibi başarılı sınıflandırılmış örnek sayısının (DN+DP) toplam örnek sayısına oranına (DN+DP+YP+YN) bölünmesi ile hesaplanır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP + DN}{DP + YN + YP + DN} \quad (1)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Araştırma Sonuçları

Bu çalışmada 3 farklı araç kullanılarak öznelikler elde edilmiştir. Elde edilen bu özellikler, 4 farklı sınıflandırıcıda kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. İlk 3 tablodaki sonuçlara bakıldığında öznelik seçimi işleminin tanıma oranını artırmada önemli ölçüde etkili olduğu ve bütün sınıflandırma metodlarının bu işlem sonucunda başarısını artırdığı görülmektedir. Yine bu tablolara baktığımızda, her bir aracın ayrı ayrı kullanılmasıyla elde edilen özelliklerle en iyi doğruluğu veren sonuçların öznelik seçimi öncesinde SMO ile, öznelik seçimi sonrasında ise Bayes ağları ile elde edildiği görülmektedir.

Tablo 1. MIRtoolbox Aracı Kullanılarak Elde Edilen Sonuçlar

Sınıflandırıcı	MIRtoolbox	
	Öznelik Seçimi Öncesi Doğruluk	Öznelik Seçimi Sonrası Doğruluk
Bayes Ağları	87.09	94.35
Karar Ağaçları	82.25	87.09
Lojistik Regresyon	77.41	87.09
SMO	89.51	90.32

Tablo 2. JAudio Aracı Kullanılarak Elde Edilen Sonuçlar

Sınıflandırıcı	Jaudio	
	Öznelik Seçimi Öncesi Doğruluk	Öznelik Seçimi Sonrası Doğruluk
Bayes Ağları	81.45	91.93
Karar Ağaçları	83.87	84.67
Lojistik Regresyon	75	85.48
SMO	89.51	89.51

Tablo 3. OpenSMILE Aracı Kullanılarak Elde Edilen Sonuçlar

Sınıflandırıcı	OpenSMILE	
	Öznelik Seçimi Öncesi Doğruluk	Öznelik Seçimi Sonrası Doğruluk
Bayes Ağları	83.87	94.35
Karar Ağaçları	81.45	82.25
Lojistik Regresyon	82.25	91.12
SMO	90.32	93.54

Son tabloda ise, Bayes ağlarının farklı araçlarla elde ettiği tanıma oranlarına, bu araçların hepsinden elde edilen özneliklerin bir araya getirilmesi ve bu özneliklere seçim işlemi uygulanması sonrasında elde edilen doğruluk oranı eklenmiştir. Öznelik sayısını artışına da bağlı olarak % 1.6 artış gözlemlenerek % 95.96'ya çıktığı görülmüştür. Bu oran, bu çalışmada elde edilen en yüksek müzikten duygu tanıma oranıdır.

Tablo 4. Araçlar Birlikte Kullanıldığında Elde Edilen Sonuçlar

Araçlar	Bayes Ağları Doğruluk Sonuçları
MIRtoolbox	94.35
JAudio	91.93
OpenSMILE	94.35
MIRtoolbox + Jaudio + OpenSMILE	95.96

3.2. Tartışma

Araçlar içerisinde en iyi tanımın OpenSMILE aracı kullanılarak elde edilen özniteliklerle yapıldığı görülmektedir. Öznitelik sayısının diğer araçlardan daha fazla olması bu başarıda etkili olabilir.

Çalışmada araçların bir arada kullanılmasıyla öznitelik sayısının artması ve buna bağlı olarak tanıma oranlarında artacağı düşüncesi tablo 4 incelendiğinde de doğrulanmıştır. Öznitelik seçimi sonrasında her ne kadar öznitelik sayısı düşse de, öncesinde sınıfla ilintili öznitelik sayısı arttığından başarı oranı da buna bağlı olarak artmaktadır.

Sonuçlara bakıldığında bütün tablolarda öznitelik seçimi öncesinde SMO sınıflandırıcısının, öznitelik seçimi sonrasında ise Bayes ağlarının en iyi tanıma oranını elde ettiği görülmektedir. Aynı durum lojistik regresyon ile karar ağaçları içinde geçerlidir. Buradan SMO'nun büyük miktarda karesel programlama gerektiren durumlarda, Bayes ağlarının ise, olasılık ilişkisi bulunan küme elemanlarının sayısı daha az olduğunda, ilişkilerini daha iyi modellediği söylenebilir.

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında farklı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak müzikten duygu tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada yeni bir yöntem önerilmemiş olsa da makine öğrenmesi yöntemlerinin bir veriseti üzerindeki performansları ölçülmüş ve bundan sonraki çalışmalara bir temel oluşturulmuştur.

Makine öğrenmesi yöntemleri olarak Lojistik Regresyon, Sıralı Minimal Optimizasyon, Karar Ağaçları ve Bayes Ağları kullanılmıştır. Kullanılan sınıflandırıcıların doğruluk ölçütü açısından performansları karşılaştırıldığında ise öznitelik seçimi sonrası Bayes Ağlarının diğer metodlara oranla daha başarılı tanıma yaptığı söylenebilir, bu yöntemi sırasıyla Sıralı Minimal Optimizasyon, Lojistik Regresyon, ve Karar Ağaçları yöntemleri takip etmektedir.

Bayes Ağları kullanılarak öznitelik seçimi sonrasında duygu tanıma için % 94.35 doğruluk oranı elde edilmişken, bütün araçlar bir arada kullanılarak öznitelik sayısının artmasıyla, Bayes ağlarının doğruluk oranının % 95.96'ya çıktığı görülmektedir. Deneysel sonuçlar kullanılan veritabanının kalitesini, elde edilen özniteliklerin başarıya etkisini ve kullanılan sınıflandırıcıların etkili sonuçlar ortaya koyduğunu göstermiştir.

Kaynakça

- Aljanaki, A., Yang, Y. H., & Soleymani, M., (2017). Developing a benchmark for emotional analysis of music. PLoS ONE 12(3), 1–22, doi: 10.1371-journal.pone.0173392
- Benito-Gorron, D. de. Lozano-Diez, A., Toledano, D. T., & Gonzalez- Rodriguez, J., (2019). Exploring convolutional, recurrent, and hybrid deep neural networks for speech and music detection in a large audio dataset. Eurasip Journal on Audio, Speech, and Music Processing, (1), 1–18.
- Eyben, F., & Schuller, B., (2015). OpenSMILE – The Munich Versatile and fast open-source audio feature extractor. ACM SIGMultimedia Records, 6(4), 4–13, doi: 10.1145/2729095.2729097.
- Feng, Y., Zhuang, Y., & Pan, Y., (2003). Popular music retrieval by detecting mood. in: SIGIR Forum (ACM Spec. Interes. Gr. Inf. Retrieval), 375–376.
- Grekow, J., (2015). Audio features dedicated to the detection of four basic emotion. Computer Information Systems and Industrial Management: CISIM'2015: 14th IFIP TC8 International Conference, September 24-26, Warszawa, Poland.
- Hall, M., & Smith, L., (1997). Feature subset selection: A correlation-based filter approach. Proceedings of the 4th International Conference on Neural Information Processing and Intelligent Information Systems, New Zealand, 855–858.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G, Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I., (2009). The WEKA data mining software: An update. SIGKDD Explorations, 11, 10-18, doi: 10.1145/1656274.1656278.
- Hevner, K., (1936). Experimental studies of the elements of expression in music. The American Journal of Psychology, 48, 2: 246-268.
- Kim, E. Y., Schmidt, M. E., Migneco, R., Morton, B. G., Richardson, P., Scott, J., Speck, A. A., & Turnbull, D., (2010). Music emotion recognition: A state of the art review. Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference, 9-13 August, Utrecht, Netherlands.
- Lartillot, O., & Toivainen, P., (2007). Mir in matlab (II): A toolbox for musical feature extraction from audio. Proceedings of the 8th International Conference on Music Information Retrieval, September 23-27, Vienna, Austria, 127–130.
- Le Cessie, S., & van Houwelingen, J., C., (1992). Ridge estimators in logistic regression. Applied Statistics, 41(1), pp. 191-201.
- Li, T., & Ogihara, M., (2003). Detecting emotion in music. Proceedings of the International Symposium on Music Information Retrieval, (3), 239-240.
- Mathieu, B., Essid, S., Fillon, T., Prado, J., & Richard, G., (2010). Yaafe, an easy to use and efficient audio feature extraction software. Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference August 9-13, Utrecht, Netherlands, 441–446.
- McKay, C. (2009). JAudio: Towards a standardized extensible audio music feature extraction system. Course Paper, McGill University, Canada.
- Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Gastrointestinal tract classification using improved LSTM based CNN. *Multimedia Tools and Applications*, 1-16.

- Panda, R., & Paiva, R. P., (2012). Music emotion classification: Dataset acquisition and comparative analysis. Proc. of the 15th Int. Conference on Digital Audio Effects, September 17-21, York, UK.
- Pearl, J., (1985). Bayesian networks: A model of self-activated memory for evidential reasoning. Proceedings of the Seventh Conference of the Cognitive Science Society, California, USA.
- Platt, J., (1998). Sequential minimal optimization: A fast algorithm for training support vector machines. Microsoft Research Technical Report: MSRTR, 98-14.
- Quinlan, J. R., (1993). C4.5: Programs for machine learning. Morgan Kaufmann Publishers.
- Rocha, B., Panda, R., & Paiva, R. P., (2013). Music emotion recognition: The importance of melodic features. 6th International Workshop on Music and Machine Learning in conjunction with the European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases, September, Prague, Czech Republic.
- Russell, J. A., (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161–1178.
- Sarkar, R., Choudhury, S., Dutta, S., Roy, A., & Saha, S. K., (2019). Recognition of emotion in music based on deep convolutional neural network. *Multimedia Tools and Applications*, 79:765–783.
- Song, Y., Dixon, S., & Pearce, M., (2012). Evaluation of musical features for emotion classification. Proceedings of the 13th International Society for Music Information Retrieval Conference, October, Porto, Portugal.
- Tzanetakis, G., & Cook, P., (1999). MARSYAS: A Framework for audio analysis. *Organised Sound*, 4(3), 169-175.
- Yang, Y. H., Su, Y. F., Lin, Y. C., & Chen, H. H., (2007). Music emotion recognition: The role of individuality. In Proceedings of the ACM International Workshop on Human-Centered Multimedia, 13-21.



Yarı Empedans Kaynaklı İverter Devresinin Performans Analizi

Ramazan Akkaya¹, Mustafa Sacid Endiz^{2*}

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4667-9456)

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3325-5109)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat. 801852)

ATIF/REFERENCE: Akkaya, R. & Endiz, M. S. (2020). Yarı Empedans Kaynaklı İverter Devresinin Performans Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 13-20.

Öz

Doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek amacıyla güç elektroniği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan akım ve gerilim kaynaklı inverterler üzerine günümüzde yeni topoloji çalışmaları yapılmaktadır. Geleneksel inverterlerin sahip olduğu kavramsal ve teorik sınırlamaları ortadan kaldırması empedans kaynaklı inverterleri (ZSI) son yıllarda oldukça popüler hale getirmiştir. ZSI inverterler; DC-DC dönüştürücü veya trafo kullanım ihtiyacı olmadan aynı faz kolunda bulunan yarı iletken anahtarlama elemanlarını kısa devre olarak sürebilmesi, uygulanan modülasyon indeksine bağlı olarak düşürücü veya yükseltici modunda çalışabilmesi ile esnek ve güvenilir devre yapısına sahip olması gibi birçok avantaja sahiptir. Bu çalışmada; yarı empedans kaynaklı inverter (qZSI) devresi için farklı çalışma koşulları altında performans analizi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Anahtarlama elemanlarını kontrol etmek için en çok kullanılan kontrol yöntemlerinin başında gelen basit yükseltici kontrol tekniği belirli bir kazanç elde etmek amacıyla en yüksek gerilim stresine sahip olurken, maksimum yükseltici kontrol tekniği ise değişken süreli tetikleme sinyalleri üretmesi sonucunda empedans katında kullanılan elemanlar üzerinde istenmeyen düşük frekanslı dalgalanmalar oluşturmaktadır. Bu nedenle köprü katındaki anahtarlama elemanlarını sürebilmek için sabit yükseltici kontrol tekniği seçilmiştir. Düşük gerilim stresi ve değişken olmayan kısa devre çalışma oranına sahip sabit yükseltici kontrol tekniğinin çalışma prensibi açıklanmıştır. qZSI devresinin farklı modülasyon indeksleri ve DC giriş gerilim değerlerinde yükseltme faktörü, gerilim kazancı, gerilim stresi ve AC çıkış gerilimleri, ilgili denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. Matlab/Simulink programı kullanılarak yapılan benzetim çalışmaları ile teorik sonuçlar doğrulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre uygulanan kontrol tekniği ile kararlı kısa devre görev süreleri üretilmiş ve qZSI dönüştürücü devresi farklı çalışma durumlarında istenilen çıkış gerilimini üretmek için düşürücü-yükseltici olarak çalışabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Empedans kaynaklı inverter, Yükseltme faktörü, Gerilim kazancı, Gerilim stresi, Sabit yükseltici kontrol.

Performance Analysis of a Quasi-Z-Source Inverter Circuit

Abstract

Today, new topology studies have been introduced for current and voltage source inverters that are widely used in power electronics applications in order to convert direct current to alternating current. In recent years, Z-source inverters (ZSIs) have become very popular by eliminating the conceptual and theoretical limitations of traditional inverters. ZSIs have the advantages like the shoot-through operation in the same phase leg of the inverter without using of DC-DC converters or transformers, the ability to operate as a buck or boost inverter depending on the applied modulation index and having a flexible-reliable circuit structure. In this study, performance analysis of a quasi Z-source inverter circuit (qZSI) under different operation conditions is comparatively examined. Among the most used control methods for the switching devices, the simple boost control technique has the largest voltage stress for a given voltage gain and the maximum boost control technique produces variable shoot-through signals resulting of low-frequency ripples on the passive components in the impedance network. Therefore constant boost control technique has been applied to the

*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye ORCID: 0000-0003-3325-5109, mendiz@erbakan.edu.tr

switches to generate the gate signals. The operating principle of the constant boost control technique with low voltage stress and stable shoot-through signals is explained. Boost factor, voltage gain, voltage stress and AC output voltage for different modulation indexes and DC voltage values of the qZSI are calculated with the related equations. Theoretical results have been verified with simulation studies by using Matlab/Simulink environment. According to the findings, stable shoot-through duty ratios are generated, and the qZSI circuit has been able to operate as a buck-boost converter to obtain the desired output voltage for different cases.

Keywords: Impedance source inverter, Boost factor, Voltage gain, Voltage stress, Constant boost control.

1. Giriş

Rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte DC-AC dönüştürücüler endüstriyel alanda oldukça fazla önem kazanmıştır [Endiz ve ark. 2015]. Özellikle fotovoltaik sistemlerden üretilen DC gerilim değeri gün içerisinde sıcaklık ve ışımaya değerlerine bağlı olarak sürekli değişmektedir. Bu durum kullanılan dönüştürücünün çok geniş bir gerilim aralığında çalışmasını zorunlu kılar. Geleneksel gerilim kaynaklı inverterler, sadece belirli bir gerilim aralığında ve yapıları itibarıyla düşürücü modda çalışabilenlerinden transformatör veya yükseltici DC-DC dönüştürücü ile beraber kullanılmaktadır [Kabalcı, 2020].

Gerilim kaynaklı inverterlerin neden olduğu teorik kısıtlamaların üstesinden gelebilmeleri, maliyetlerinin düşük, devre yapılarının esnek oluşu ile tek aşamada hem yükseltme hem de dönüştürme yapabilmeleri; empedans kaynaklı inverterleri (ZSI) günümüzde en çok tercih edilen DC-AC dönüştürücü yapısı haline getirmiştir [Peng, 2003].

Son yıllarda ZSI devresine alternatif olarak yarı empedans kaynaklı inverter (qZSI) devresi ortaya konulmuştur [Anderson ve ark. 2008]. ZSI'ye kıyasla qZSI devresinin DC kaynaktan sürekli halde akım çekebilmesi, çok geniş bir gerilim aralığında çalışabilmesine imkân sağladığı için fotovoltaik sistemlerde kullanımını avantajlı hale getirmiştir. Ayrıca qZSI inverterler, empedans katında daha düşük nominal değerli elemanlara ve daha az gerilim stresine sahiptir [Liu ve ark. 2011].

Bu çalışmada, fotovoltaik bir sistemde kullanılan qZSI inverter devresinin farklı modülasyon indeksleri ve DC gerilim değerlerinde yükseltme faktörü, gerilim kazancı, gerilim stresi ve AC çıkış gerilim değerleri için çalışma performansı Matlab/Simulink ortamında benzetimi yapılarak incelenmiştir. Öncelikle qZSI inverter devresinin çalışma prensibi ve teorik analizi yapılmış, daha sonra devrenin hem düşürücü hem de yükseltici olarak çalışması benzetim çalışmaları yardımıyla gösterilmiştir.

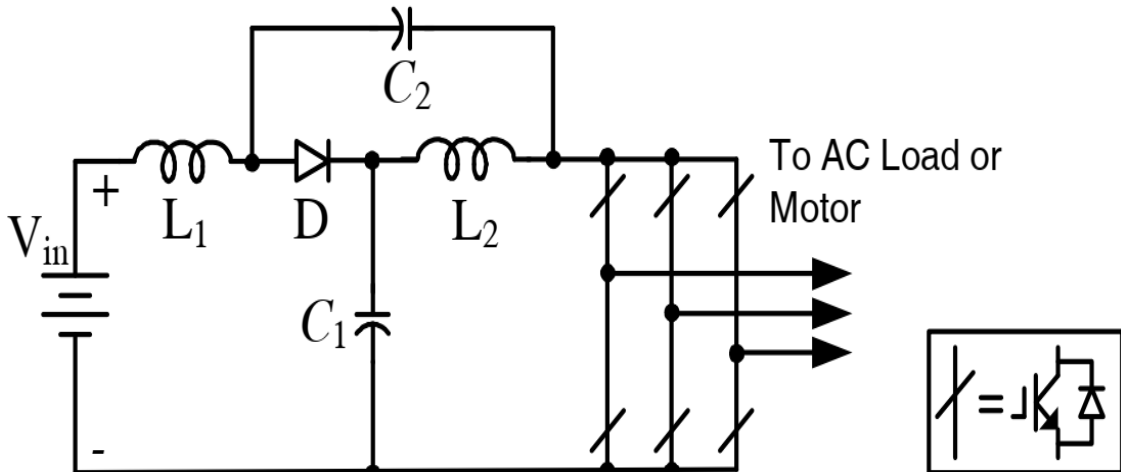
2. Materyal ve Metot

Akademik çalışmalar ile mühendislik uygulamalarında oldukça yaygın olarak kullanılan Matlab/Simulink programı, araştırmacılara tasarım esnekliği ve birçok durumda değişen parametre değerlerini kolayca uygulama imkânı vermektedir. Bu çalışmada qZSI inverter devresinin farklı çalışma koşulları altında performans analizi Matlab/Simulink programı kullanılarak yapılmıştır.

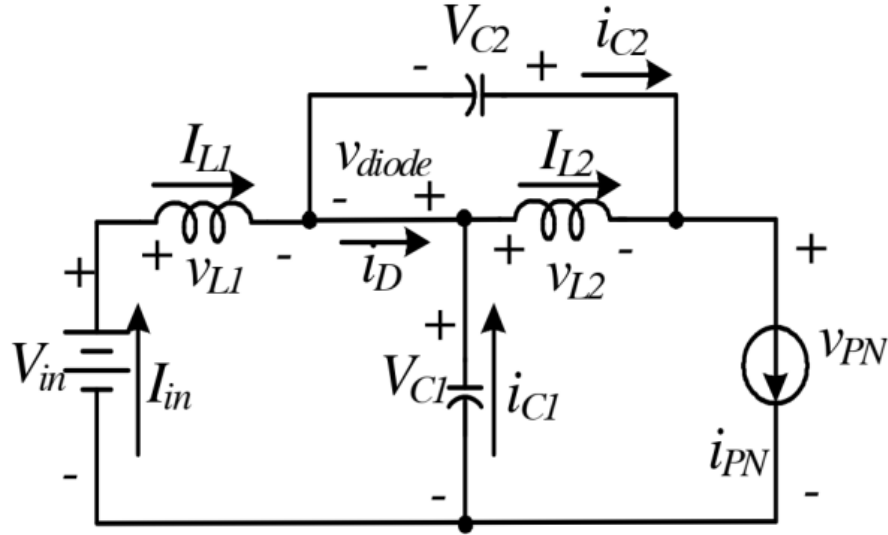
2.1. qZSI Devresinin Teorik Analizi

qZSI inverterin devre analizi yapıldığında, ZSI inverterde kullanılan tüm kabullerin qZSI inverter devresi için geçerli olduğu görülür. Belirtildiği üzere topolojiler arasında iki temel fark vardır. Bunlar; qZSI inverter devresinin girişinde bulunan bobin yardımıyla DC güç kaynağından sürekli ve sabit akım çekebilme özelliği ile empedans katında daha düşük nominal değerli pasif bileşenlere sahip olmasıdır [Anderson ve ark. 2008]. qZSI inverter devresi, empedans kaynağındaki pasif devre elemanlarının şarj-deşarj olma özelliğini kullanarak kısa devre çalışma neticesinde istenilen seviyede gerilim yükseltmesi sağlar [Elabban ve Abu-Rub, 2016; Endiz ve Akkaya, 2020].

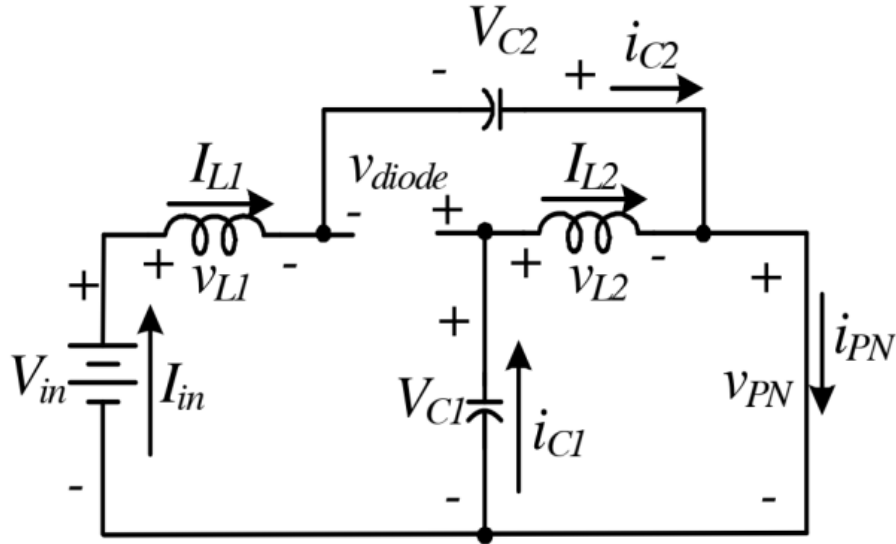
Şekil 1'de qZSI temel devre şeması, Şekil 2 ve Şekil 3'de sırasıyla qZSI devresinin aktif ve sıfır çalışma durumlarının oluşturduğu kısa devre olmayan çalışma modu ve kısa devre çalışma modu eşdeğer devre şemaları gösterilmiştir.



Şekil 1. qZSI temel devre şeması



Şekil 2. qZSI kısa devre olmayan eşdeğer devre şeması



Şekil 3. qZSI kısa devre eşdeğer devre şeması

Şekil 2’de qZSI inverter devresinin kısa devre olmayan çalışma modunda gerilim polaritesi ve akım yönleri gösterilmiştir. T_0 ve T_1 ’in T periyodu süresince sırasıyla kısa devre çalışma süresi ve aktif çalışma süresi olduğu kabul edilirse; D görev süresi oranı T_0 süresinin T_1 süresine oranına eşittir. Şekil 1’deki qZSI inverter devresinde; T_1 aktif çalışma süresince V_{L1} ve V_{L2} bobin gerilimlerini, I_{L1} ve I_{L2} bobin akımlarını, V_{C1} ve V_{C2} kondansatör gerilimlerini, i_{C1} ve i_{C2} kondansatör akımlarını, V_{in} ve I_{in} DC kaynak gerilim ve akımlarını, V_{PN} DC hat gerilimini, V_{diode} diyot gerilimini ve B yükseltme faktörünü göstermektedir.

V_{L1} ve V_{L2} bobin gerilimleri eşitlik (1)’de gösterilmiştir. T_1 aktif çalışma süresi boyunca V_{PN} DC hat gerilimi ve V_{diode} diyot gerilimi eşitlik (2) kullanılarak hesaplanır.

$$V_{L1} = V_{in} - V_{C1} \text{ ve } V_{L2} = -V_{C2} \quad (1)$$

$$V_{PN} = V_{C1} + V_{C2} \text{ ve } V_{diode} = 0 \quad (2)$$

Şekil 3’te qZSI inverter devresi kısa devre çalışma modunda gerilim polaritesi ve akım yönleri T_0 kısa devre çalışma süresince gösterilmiştir. V_{L1} ve V_{L2} bobin gerilimleri eşitlik (3) kullanılarak hesaplanır.

$$V_{L1} = V_{in} + V_{C2} \text{ ve } V_{L2} = V_{C1} \quad (3)$$

$$V_{PN} = 0 \text{ ve } V_{diode} = V_{C1} + V_{C2} \quad (4)$$

Sürekli durum analizinde T periyot süresi boyunca bobinin ortalama gerilim değerinin sıfır olacağı kabul edilmektedir. qZSI inverter devresinde V_{C1} ve V_{C2} kondansatör gerilimleri eşitlik (7) kullanılarak hesaplanır.

$$V_{L1} = \frac{[T_0(V_{in}+V_{C2})+T_1(V_{in}-V_{C1})]}{T} = 0 \quad (5)$$

$$V_{L2} = \frac{[T_0 V_{C1} + T_1 (-V_{C2})]}{T} = 0 \quad (6)$$

$$V_{C1} = \frac{T_1}{T_1 - T_0} * V_{in} \text{ ve } V_{C2} = \frac{T_0}{T_1 - T_0} * V_{in} \quad (7)$$

Eşitlik (8) kullanılarak qZSI inverter devresinde DC hat gerilimi tepe değeri V_{PN} bulunur.

$$V_{PN} = V_{C1} + V_{C2} = \frac{T}{T_1 - T_0} * V_{in} = B * V_{in} \quad (8)$$

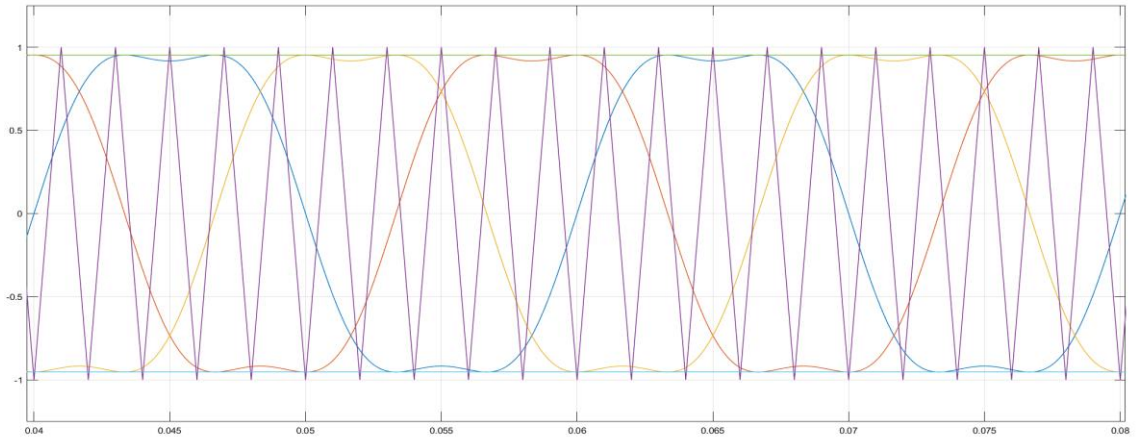
Sistemin gücünün P olduğu kabul edilip I_{L1} ve I_{L2} bobin akımları eşitlik (9) kullanılarak, I_{C1} ve I_{C2} kondansatör akımları Kirchhoff akım kanunları yardımıyla eşitlik (10) kullanılarak hesaplanır.

$$I_{L1} = I_{L2} = I_{in} = \frac{P}{v_{in}} \quad (9)$$

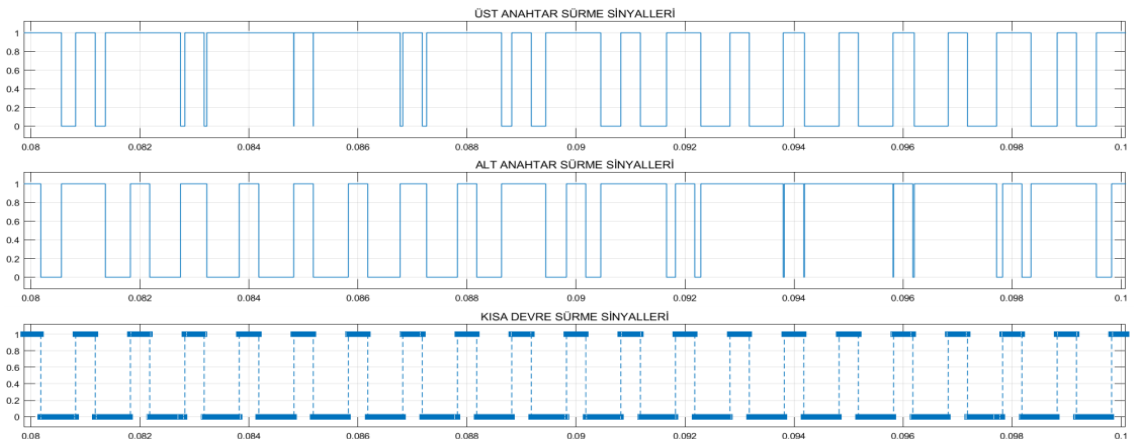
$$I_{C1} = I_{C2} = I_{PN} - I_{L1} \quad (10)$$

2.2. qZSI Devresi Kontrol Yöntemi

qZSI inverterlerde kullanılan taşıyıcı tabanlı (DGM) kontrol teknikleri sırasıyla; basit yükseltici kontrol (BYK), maksimum yükseltici kontrol (MYK) ve maksimum sabit yükseltici kontrol (MSYK) teknikleridir [Shen ve ark. 2004; Peng ve ark. 2005]. BYK yönteminin belirli bir kazançta en yüksek gerilim stresine sahip olması ve MYK yönteminin değişken süreli kısa devre sinyallerinin empedans katındaki pasif elemanlar üzerinde düşük frekanslı dalgalanmalar oluşması bu iki kontrol tekniğini dezavantajlı hale getirmiştir [Liu ve ark. 2014, Endiz ve Akkaya, 2019]. Bu nedenle 3. harmonik ilaveli MSYK kontrol yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır. İnverter devrelerinde DC bara kullanım oranı ile modülasyon indeks aralığını arttırması amacıyla 3. harmonik eklenmesi tekniği sıklıkla uygulanmaktadır [Battiston ve ark. 2016; Endiz ve Akkaya, 2020]. 3. harmonik ilaveli MSYK yönteminde kullanılan kontrol sinyalleri ile üretilen anahtarlama sinyalleri sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 4'te görülen kontrol sinyallerinde üçgen dalga düz kısa devre sinyallerinden genlik olarak büyük olması durumunda qZSI inverter devresi kısa devre moduna geçecektir. Bunun dışındaki durumlarda devre geleneksel DGM kontrollü inverter devresi gibi çalışacaktır [Subhani ve ark. 2019; Yu ve Sajadian, 2020]. Şekil 5'te görüldüğü üzere üretilen kısa devre sinyalleri sabit ve karardır. MSYK yönteminde kullanılan yükseltme oranı B ile gerilim kazancı G ifadeleri (11) ve (12) eşitliklerinde verilmiştir.



Şekil 4. 3. harmonik ilaveli MSYK kontrol sinyalleri



Şekil 5. MSYK kontrollü üretilen anahtarlama sinyalleri

$$B = \frac{1}{\sqrt{3M-1}} \quad (11)$$

$$G = \frac{M}{\sqrt{3M-1}} \quad (12)$$

Şekil 2’de gösterildiği gibi qZSI devresi sadece kısa devre olmayan modda çalıştırılmak istenirse, diyot iletimde, C_1 kondansatörü ve V_{PN} DC hat gerilimi giriş gerilim değerine, C_2 kondansatörü ise sıfıra eşit olacaktır. Kısa devre çalışma olmadığı için $D=0$ ve $B=1$ olup devre düşürücü modda geleneksel gerilim kaynaklı inverter gibi olacaktır. Bu durumda çıkış gerilimi tepe değeri \tilde{V}_{AN} eşitlik (13)’teki gibi hesaplanır.

$$\tilde{V}_{AN} = M * \frac{\tilde{V}_{PN}}{2} = M * \frac{\tilde{V}_{DC}}{2} \quad (13)$$

Şekil 3’te verildiği şekilde qZSI inverter devresi kısa devre çalışma moduna geçtiğinde $D>0$ ve $B>1$ olup devre yükseltici modda çalışacaktır. Çıkış gerilimi tepe değeri \tilde{V}_{AN} eşitlik (14)’teki gibi hesaplanır. Eşitlik (13) ve (14) karşılaştırıldığında ilk durumda devrenin düşürücü, ikinci durumda ise yükseltici moduna geçtiği görülmektedir.

$$\tilde{V}_{AN} = M * B * \frac{\tilde{V}_{PN}}{2} = M * B * \frac{\tilde{V}_{DC}}{2} \quad (14)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

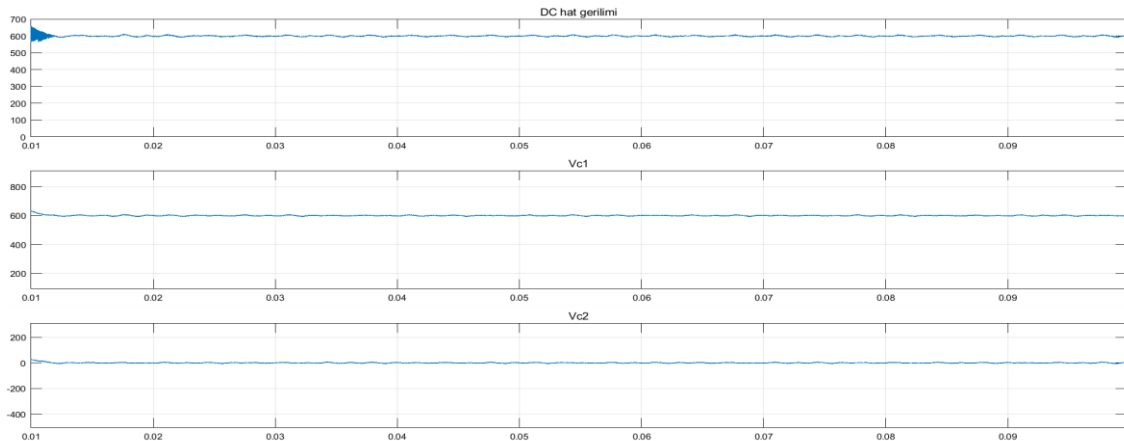
Yapılan benzetim çalışmalarında farklı çalışma durumlar için üç fazlı bir fotovoltaik sistemin 220V-50Hz üretebilmesi amaçlanmaktadır. Devrenin empedans katında kullanılan pasif elemanlar $C_1=C_2=470\mu F$, $L_1=L_2=500\mu H$ ve filtre elemanları $L_F=1mH$ ile $C_F=100\mu F$ ve yük değeri faz başına $R_L=10\Omega$ olarak seçilmiştir. Sistemin giriş gerilim değeri çevre şartlarına bağlı olarak 300V-600V arasında değiştiği kabul edilerek 3 farklı durum için benzetimleri yapılmıştır. Devrenin düşürücü veya yükseltici olarak çalışması eşitlik (13) ve (14)’te verilen denklemlere göre belirlenir. Şekil 6-11’de sırasıyla düşürücü ve yükseltici modda V_{PN} , V_C , V_{DC} ve V_{AC} gerilimleri gösterilmiştir. Düşürücü modda çalışılabilecek en düşük gerilim 3. harmonik ilaveli $M=1.15$ değeri için eşitlik (13)’e göre $V_{DC}=539V$ bulunur. Sistemin giriş gerilim değeri bu değer altına düşerse yükseltici modda, bu değer üzerinde olduğunda düşürücü modda çalışacaktır. Yükseltici modda çalışması durumunda maksimum kazanç ifadesi giriş geriliminin en küçük değeri $V_{DC}=300V$ için $G_{max}=1.95$ olarak bulunur. Kullanılan MSYK yöntemine bağlı olarak yükseltici durumda olabilecek en düşük modülasyon indeksi M_{min} ve en büyük yükseltme faktörü B_{max} eşitlik (15) ve (16)’da verilen denklemlere göre hesaplanır.

$$M_{min} = \frac{G_{max}}{\sqrt{3G_{max}-1}} = 0.82 \quad (15)$$

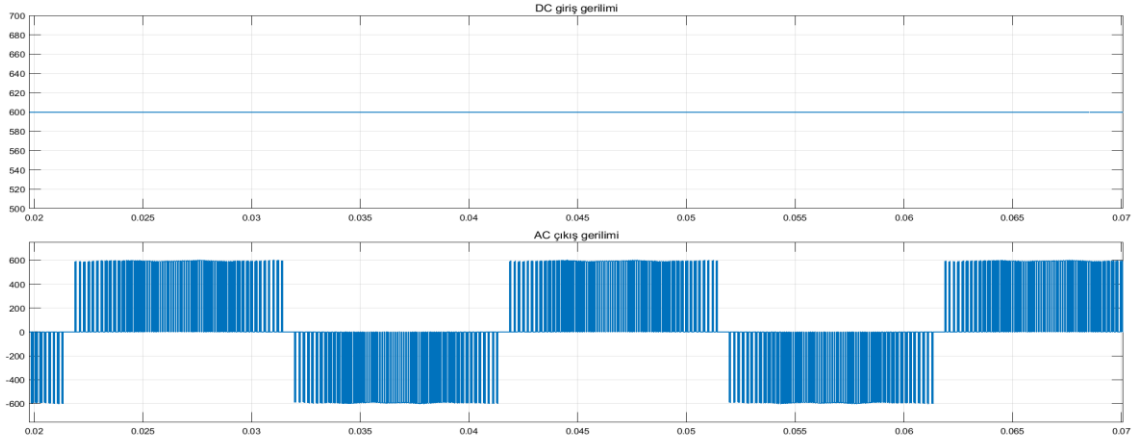
$$B_{max} = \frac{1}{\sqrt{3M_{min}-1}} = 2.35 \quad (16)$$

İlk durum senaryosu $M=0.82$ ve $V_{DC}=600V$ olarak ayarlanmıştır. Giriş gerilim değeri 539V’tan büyük olduğu için qZSI inverter devresi düşürücü modda yani geleneksel DGM kontrollü bir inverter gibi çalışacaktır. Kısa devre çalışma durumu olmayacağından $D=0$, $B=1$ ve $G=1$ olarak bulunur. Çıkış faz gerilimi tepe değeri $\tilde{V}_{AN}=300V$, C_1 kondansatörü DC kaynak gerilim değerine eşit olup 600V ve C_2 kondansatörü 0V bulunur.

$$\tilde{V}_{AN} = \tilde{V}_{BN} = \tilde{V}_{CN} = M * \frac{\tilde{V}_{PN}}{2} = 300V$$



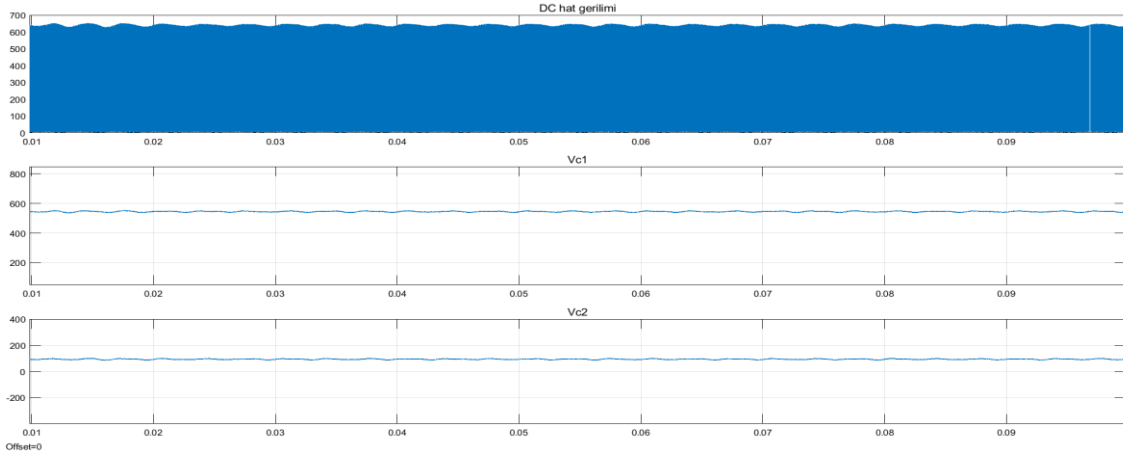
Şekil 6. Düşürücü modda V_{PN} ve V_C gerilimleri ($M=0.82$)



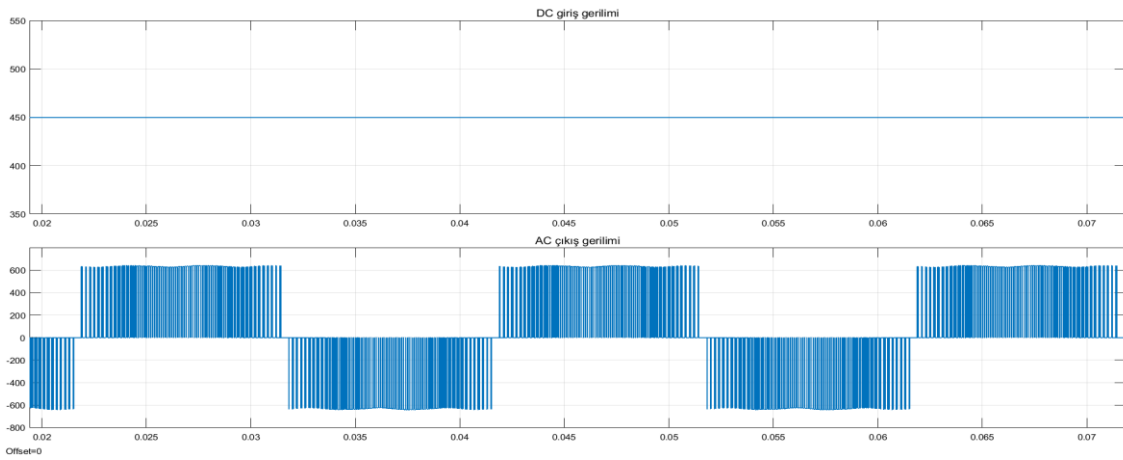
Şekil 7. Düşürücü modda V_{DC} ve V_{AC} gerilimleri ($M=0.82$)

İkinci durum senaryosu $M=1$ ve $V_{DC}=450V$ olarak ayarlanmıştır. DC gerilim değeri $539V$ 'tan küçük olduğu için qZSI inverter devresi yükseltici moda çalıştırılmalıdır. Kısa devre çalışma söz konusu olduğundan eşitlik (11) ve (12)'de verilen denklemlere göre $B=1.37$ ve $G=M*B=1.37$ olarak hesaplanır. DC hat gerilim değeri $V_{PN}=612V$ 'a yükseltilirken çıkış faz gerilimi tepe değeri $\tilde{V}_{AN}=305V$, C_1 ve C_2 kondansatörleri sırasıyla $470V$ ve $145V$ olur.

$$\tilde{V}_{AN} = \tilde{V}_{BN} = \tilde{V}_{CN} = M * B * \frac{\tilde{V}_{PN}}{2} = 305V$$



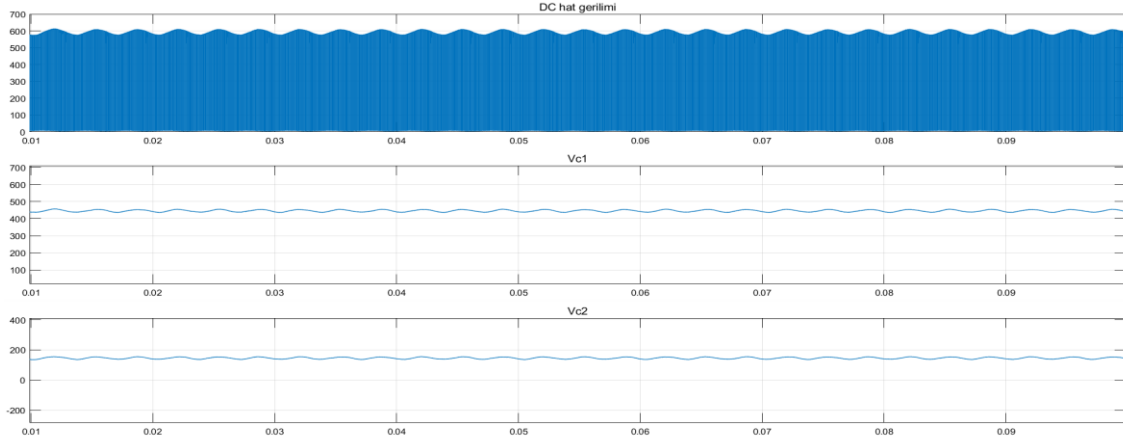
Şekil 8. Yükseltici modda V_{PN} ve V_C gerilimleri ($M=1$)



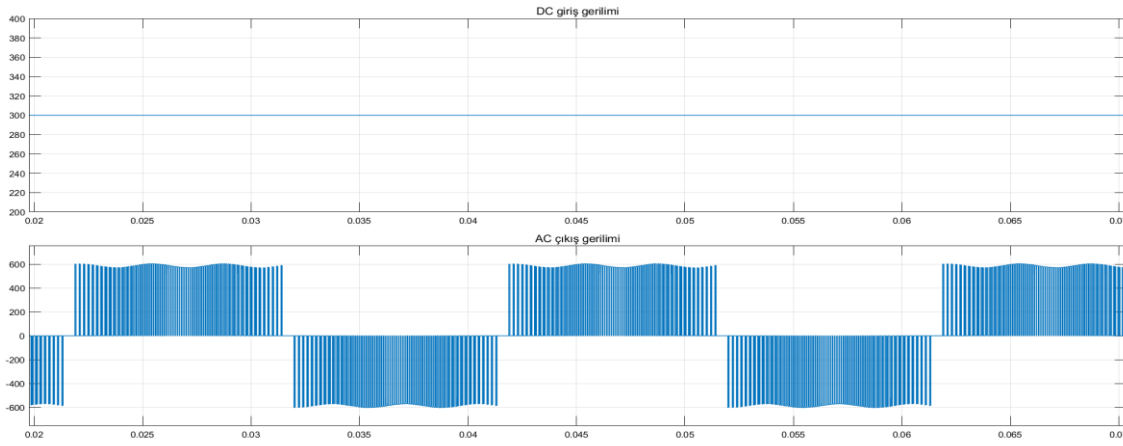
Şekil 9. Yükseltici modda V_{DC} ve V_{AC} gerilimleri ($M=1$)

Üçüncü durum senaryosu $M=0.82$ ve $V_{DC}=300V$ olarak ayarlanmıştır. Giriş gerilim değeri $539V$ 'un altında olmasından dolayı qZSI devresi yükseltici moda çalışacaktır. Benzer şekilde eşitlik (11) ve (12) kullanılarak $B=2.35$ ve $G=M*B=1.95$ olarak hesaplanır. DC hat gerilim değeri $V_{PN}=675V$ 'a yükselirken çıkış faz gerilimi tepe değeri $\tilde{V}_{AN}=300V$, sırasıyla C_1 ve C_2 kondansatörleri üzerine düşen gerilim değerleri $480V$ ve $195V$ olur.

$$\hat{V}_{AN} = \hat{V}_{BN} = \hat{V}_{CN} = M * \frac{\hat{V}_{PN}}{2} = 300V$$



Şekil 10. Yükseltici modda V_{PN} ve V_C gerilimleri ($M=0.82$)



Şekil 11. Yükseltici modda V_{DC} ve V_{AC} gerilimleri ($M=0.82$)

Elde edilen benzetim sonuçları karşılaştırıldığında, farklı çalışma koşulları altında qZSI devresinin hem düşürücü hem de yükseltici olarak kullanılabilceği açıkça görülmektedir. Geleneksel gerilim kaynaklı inverterler sadece düşürücü modda çalışabildiklerinden çıkışta istenilen gerilim seviyesini elde edebilmek için belirli bir değerin üzerinde DC giriş gerilim kaynağına ihtiyaç duyarlar.

Tablo 1’de verilen bulgulara göre, istenilen duruma bağlı olarak tek bir aşamada hem düşürücü hem de yükseltici olarak çalışabilen qZSI devresi, gerilim kaynaklı invertere kıyasla daha geniş bir gerilim aralığında çalışabilmesinden dolayı fotovoltaik sistemler için daha kullanışlıdır. BYK ve MYK yöntemlerine göre daha etkin ve kullanışlı olan MSYK yöntemiyle, sabit ve değişken olmayan kısa devre sinyalleri kullanılarak istenilen gerilim yükseltmesi sağlanmıştır.

Tablo 1. DC hata gerilimleri ve çıkış fazının tepe gerilimleri

<i>Çalışma Parametreleri</i>	<i>DC Hat Gerilimi</i>	<i>Çıkış Fazının Tepe Gerilimi</i>
M=1 $V_{DC}=600V$ B=1 G=1	600V	300V
M=1 $V_{DC}=450V$ B=1.37 G=1.37	612V	305V
M=0.82 $V_{DC}=300V$ B=2.35 G=1.95	675V	300V

4. Sonuç

Bu çalışmada; farklı modülasyon indeksleri ve DC giriş gerilim değerlerinde MSYK tekniği kullanılarak qZSI dönüştürücü devresinin çalışma performansı incelenmiştir. Öncelikle belirtilen durumlar için ilgili denklemler ile teorik analiz yapılmış, daha sonra Matlab/Simulink programı yardımıyla benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan teorik analizler ile benzetim çalışmalarının uyumlu olduğu görülmüştür. qZSI inverter devresinin girişte bulunan güç kaynağından sabit akım çekebilme özelliği ve empedans katındaki düşük nominal değerli elemanlara sahip olması, ZSI inverter devresine göre daha avantajlı olmasını sağlamıştır. Geleneksel gerilim kaynaklı inverterlere kıyasla çalışma performansı açısından incelendiğinde qZSI inverter devresi, ihtiyaç duyulan durumlarda kısa devre çalışma özelliğini kullanarak tek bir aşamada hem yükseltme hem de dönüştürme sağlamış, kısa devre çalışma gerektirmeyen durumlarda normal gerilim kaynaklı bir inverter devresi gibi düşürücü modda sadece dönüştürücü olarak çalışmıştır. Bu şekilde qZSI devresinin geleneksel gerilim ve akım kaynaklı inverter devrelerine kıyasla çok daha geniş bir gerilim aralığında çalışabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle qZSI devresi, giriş geriliminin sıcaklık ve ışıma gibi çevre şartlarına bağlı olarak doğrudan etkilendiği fotovoltaik uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Kullanılan kontrol yöntemi ile sabit kısa devre çalışma oranı elde edilerek anahtarlama elemanları sürülmüştür. Elde edilen bulgular; DC gücün AC güce en yüksek verimlilikle dönüştürülmek istendiği güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji sistemleriyle ilgili çalışma yürüten araştırmacılara fikir vermesi bağlamında faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Anderson, J., & Peng, F. Z. (2008, June). Four quasi-Z-source inverters. In 2008 IEEE Power Electronics Specialists Conference (pp. 2743-2749). IEEE.
- Battiston, A., Miliani, E. H., Pierfederici, S., & Meibody-Tabar, F. (2016). Efficiency improvement of a quasi-Z-source inverter-fed permanent-magnet synchronous machine-based electric vehicle. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 2(1), 14-23.
- Ellabban, O., & Abu-Rub, H. (2016). Z-source inverter: Topology improvements review. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 10(1), 6-24.
- Endiz, M. S., Serafettin, E. R. E. L., & Yagci, M. (2015). Comparative Study of Single Phase Power Inverters Based on Efficiency and Harmonic Analysis. *i-Manager's Journal on Instrumentation & Control Engineering*, 4(1), 1-9.
- Endiz, M. S., & Akkaya, R. (2019). Comparative Analysis of Z-Source Inverter Control Techniques for Photovoltaic Applications. *i-Manager's Journal on Power Systems Engineering*, 7(2), 1-10.
- Endiz, M. S., & Akkaya, R. (2020) Yarı Empedans Kaynaklı İnverterlerde Farklı PWM Kontrol Tekniklerinin Performans Etkisinin İncelenmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(1), 12-26.
- Endiz, M. S., & Akkaya, R. (2020). A Modified Quasi-Z-Source Inverter with Enhanced Boost Capability. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 10(2), 892-897.
- Kabalci, E. (2020). Review on novel single-phase grid-connected solar inverters: Circuits and control methods. *Solar Energy*, 198, 247-274.
- Liu, Y., Ge, B., Ferreira, F. J., de Almeida, A. T., & Abu-Rub, H. (2011, October). Modeling and SVPWM control of quasi-Z-source inverter. In 11th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation (pp. 1-7). IEEE.
- Liu, Y., Abu-Rub, H., & Ge, B. (2014). Z-Source\Quasi-Z-Source inverters: derived networks, modulations, controls, and emerging applications to photovoltaic conversion. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(4), 32-44.
- Peng, F. Z. (2003). Z-Source Inverter. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 39, 504-510.
- Peng, F. Z., Shen, M., & Qian, Z. (2005). Maximum boost control of the Z-source inverter. *IEEE Transactions on power electronics*, 20(4), 833-838.
- Shen, M., Wang, J., Joseph, A., Peng, F. Z., Tolbert, L. M., & Adams, D. J. (2004, October). Maximum constant boost control of the Z-source inverter. In Conference Record of the 2004 IEEE Industry Applications Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting. (Vol. 1). IEEE.
- Subhani, N., Kannan, R., Mahmud, M. A., & Romlie, M. F. (2019). Performance Analysis of a Modernized Z-Source Inverter for Robust Boost Control in Photovoltaic Power Conditioning Systems. *Electronics*, 8(2), 139.
- Yu, Z., & Sajadian, S. (2020, February). Trends on Predictive Control Schemes for Impedance Source Converters. In 2020 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI) (pp. 1-6). IEEE.



Simulation of Permanent Magnet Synchronous Motor Driven by a Two-Level SPWM Inverter

Oğuz Tahmaz^{1*}, Ali Bekir Yıldız²

¹ Kocaeli University, Faculty of Engineering, Electrical Engineering Department, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0001-8184-5686)

² Kocaeli University, Faculty of Engineering, Electrical Engineering Department, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0003-4043-7859)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.801868)

ATIF/REFERENCE: Tahmaz, O. & Yıldız, A. B. (2020). Simulation of Permanent Magnet Synchronous Motor Driven by a Two-Level SPWM Inverter. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 21-29.

Abstract

In this study, a permanent magnet synchronous motor (PMSM) was driven by a two-level inverter modeled in MATLAB / Simulink environment. A simulation model has been created that can give results compatible with the results in real test setups. In order to obtain realistic results and waveforms, equivalent models were used instead of ideal models. For example, the use of PMSM electrical and mechanical equivalent models, adding resistance and inductance to the grid side, and modeling the DC bus capacitor with equivalent series resistance (ESR) will ensure the convergence of the obtained results to the results from real test setups. Open-loop control of PMSM has been provided. Gate signals required for semiconductor switches were produced by SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation) switching method. The working principle of this PWM (Pulse Width Modulation) method has been studied in detail. In order to understand the structures on the inverter, simulation models, important parameters, and mathematical equations are given in the relevant sections respectively. In the given simulation outputs, the current-voltage waveforms of many important points on the inverter and PMSM were examined. Current drawn from the grid, voltage ripple on the DC bus capacitor, switching patterns produced by the SPWM method, inverter output phase currents, motor phase-to-neutral voltages, motor phase-to-phase voltages are the waveforms that are considered as important and presented within the scope of this study. In particular, the inverter output current-voltage signals are given for power calculation. After all these basic examinations, the inverter output power, as known as the motor input power, was measured. The phase angle between the motor phase current and phase-neutral voltage was found. Finally, these measurements made in the Simulink environment were compared with theoretical calculations and the accuracy of the models was proved.

Keywords: Motor Drive, 2-Level Inverter, Voltage Source Inverter(VSI), SPWM, PMSM, Simulation, Simulink, Modeling.

İki Seviyeli SPWM Evirici ile Tahrik Edilen Sabit Mıknatıslı Senkron Motorun Simülasyonu

Öz

Bu çalışmada, MATLAB/Simulink ortamında modellenen iki-seviyeli bir evirici ile sabit mıknatıslı senkron motor(SMSM) tahrik edilmiştir. Gerçek test düzeneklerindeki sonuçlara uyumlu sonuçlar verebilecek bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Gerçeğe uygun sonuçlar ve dalga şekilleri elde edebilmek için ideal modeller yerine eşdeğer modeller kullanılmıştır. Örneğin, SMSM elektriksel ve mekanik eşdeğer modellerinin kullanılması, şebeke tarafına direnç ve endüktans katkılanması ve DC bara kapasitörünün eşdeğer direnci(ESR) ile birlikte modellenmesi elde edilen sonuçların gerçek test düzeneklerinden alınan sonuçlara yakınsamasını sağlayacaktır. SMSM, açık-çevrim olarak kontrol edilmiştir. Yarı-iletken anahtarlar için gerekli kapı işaretleri SPWM(Sinüzoidal Darbe Genişlik Modülasyonu) anahtarlama yöntemi ile üretilmiştir. Bu PWM(Darbe Genişlik Modülasyonu) yönteminin çalışma mantığı detaylı olarak incelenmiştir. Evirici üzerindeki yapıların anlaşılması için simülasyon modelleri, önemli parametreler ve

* Corresponding Author: Kocaeli University, Faculty of Engineering, Electrical Engineering Department, Kocaeli, Turkey, ORCID: 0000-0001-8184-5686, oguztahmaz@gmail.com

matematiksel denklemler ilgili bölümlerde sırasıyla verilmiştir. Verilen simülasyon görüntülerinde evirici ve SMSM üzerindeki birçok önemli noktanın akım-gerilim dalga şekilleri incelenmiştir. Şebekeden çekilen akım, DC bara kapasitörü üzerindeki gerilim dalgalanması, SPWM yöntemiyle üretilen anahtarlama işaretleri, evirici çıkış faz akımları, motor faz-nötr gerilimleri, motor faz-faz gerilimleri önemli görülen ve bu çalışma kapsamında sunulan işaretlerdir. Özellikle, güç hesabının yapılabilmesi için evirici çıkış akım-gerilim işaretleri verilmiştir. Tüm bu temel incelemelerden sonra, evirici çıkış gücü yani motor giriş gücü ölçülmüştür. Motor faz akımı ve faz-nötr gerilimi arasındaki faz açısı bulunmuştur. Son olarak Simulink ortamında yapılan bu ölçümler, teorik hesaplamalarla kıyaslanmış ve modellerin doğruluğu ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Motor Sürücü, 2-Seviyeli Evirici, Gerilim Kaynağı Evirici, SPWM, SMSM, Simülasyon, Simulink, Modelleme

1. Introduction

The need for permanent magnet synchronous motors(PMSM) has increased with the development and increase of electric vehicles and industrial robot applications in recent years. These motors stand out with their power density, simple structure, small size, light weight, high power factor, precision and efficiency[1],[6].

Since variable frequency and voltage are required to drive the PMSM at different power levels and speeds, motor drives are required[2]. Thanks to power electronics technology, PMSMs and motor drives have been widely used[3].

PWM (Pulse Width Modulation) techniques can be used to drive the gates of power semiconductors in motor drives. These techniques are very important since analog systems can be controlled with microcontroller digital outputs[4].

Carrier-based Sinusoidal PWM (SPWM) and Space Vector PWM (SVPWM) are widely used for three-phase voltage source inverters[5]. The SVPWM method, which has been prominent and frequently preferred in recent years, is compared to SPWM; it has started to be preferred as a PWM method because of the utilization of DC bus, improving motor torque fluctuations, and reducing harmonics in phase currents[6]. SPWM switching technique will be used as a basis for this study.

2. Material and Method

All parameters and schematics are given in the relevant parts in detail.

2.1. Grid, Rectifier, Inverter Model

The grid voltage is rectified by a full wave rectifier and the bulk capacitor at the input is charged. Thus, DC bus voltage is generated. The model of the grid side is given in figure 1 and the important parameters of grid side are given in table 1.

Table 1. Important parameters of grid and bulk capacitor

Parameters	Description	Value
V_{grid}	Grid Voltage	220 V_{ac}
R_{grid}	Grid Resistance	25 $m\Omega$
L_{grid}	Grid Inductance	10 μH
C_{dc_link}	Capacity of Bulk Capacitor	1230 μF
R_{dc_link}	Equivalent Series Resistance(ESR) of Capacitor	50 $m\Omega$

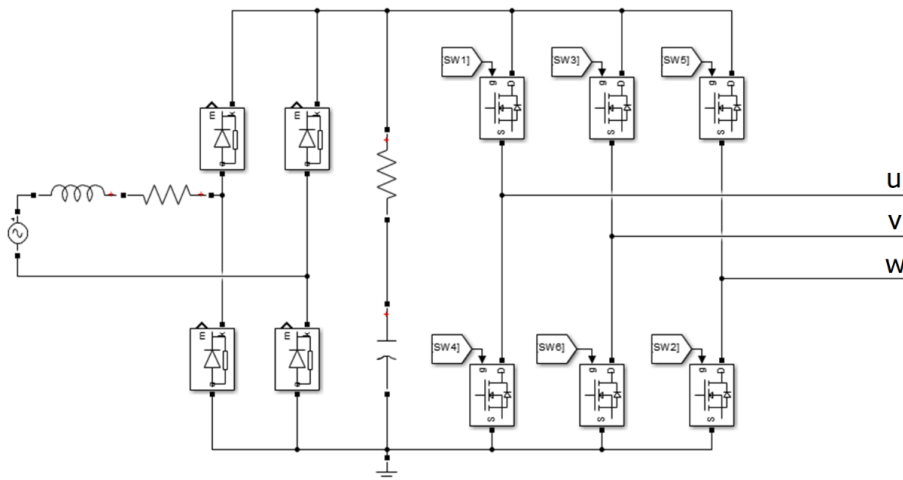


Figure 1. Grid, Rectifier, Inverter model in MATLAB/Simulink

2.2. PMSM Electrical Model

The electrical equivalent circuit of three-phase PMSM was modeled with resistance, inductance and back EMF (electromotive force). The electrical model of the motor is given in figure 2.

Rotor's electrical position as known θ_e and mechanical speed as known ω_m were measured and PMSM's required electrical model parameters are given in table 2 in order to calculate the back EMF voltages (e_u, e_v, e_w) in the motor electrical equivalent circuit instantaneously. Calculations were made according to equation 1.

Since the motor is assumed to be rotating in steady-state condition and at a constant speed, the back EMF source in the electrical equivalent circuit of the motor produces a sinusoidal wave with constant amplitude. There are phase differences of 120 degrees between the back EMF voltages of motor phases.

$$\begin{bmatrix} e_u(t) \\ e_v(t) \\ e_w(t) \end{bmatrix} = K_e \omega_m(t) \begin{bmatrix} \cos(\theta_e(t)) \\ \cos(\theta_e(t) - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta_e(t) + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Table 2. PMSM electrical model parameters

Parameters	Description	Value
R _L	Winding Resistance(ph-to-n)	580 mΩ
L _L	Winding Inductance(ph-to-n)	3.75 mH
K _e	Back EMF Constant	24.4 V/krpm

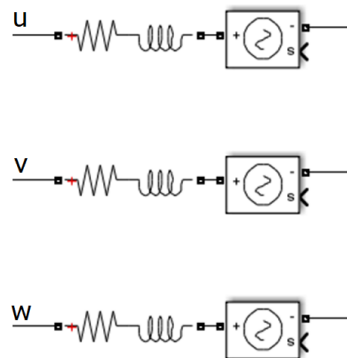


Figure 2. PMSM motor electrical model in MATLAB/Simulink

2.3. PMSM Mechanical Model

Mechanical dynamics of PMSM consist of load torque, induced torque, inertia, viscous friction, pole pair which is given in equation 2, 3. PMSM's required mechanical model parameters is given in table 3. The mechanical part of motor modeled with Simulink blocks in figure 3. PMSM test parameters are given in table 4.

$$T_e(t) = J_m \frac{d}{dt} \omega_m(t) + B_m \omega_m(t) + T_L(t) \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} \omega_m(t) = \frac{T_e(t) - T_L(t) - B_m \omega_m(t)}{J_m} \quad (3)$$

Table 3. PMSM mechanical model parameters

Parameters	Description	Value
J	Inertia	0.269*10 ⁻⁶ kg.m ²
B	Viscous Friction	5.410*10 ⁻³ Nm.s
P	Pole Pair	5

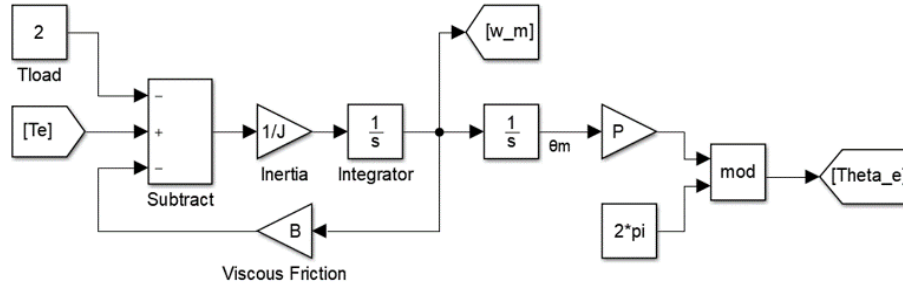


Figure 3. PMSM mechanical model in MATLAB/Simulink

Table 4. PMSM test conditions

Parameters	Description	Value
T_L	Load Torque	2 Nm
ω_m	Nominal Motor Speed	3000 min ⁻¹

Equations 4 and 5 are used to calculate the torque as known as T_e obtained from the energy conversion occurring in the air gap of the motor. This equation modeled with Simulink blocks in figure 4.

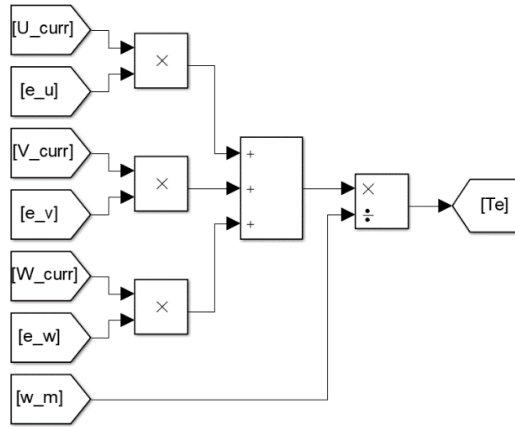


Figure 4. Calculation of induced torque in MATLAB/Simulink

$$T_e(t) = \frac{p(t)}{\omega_m(t)} \quad (4)$$

$$T_e(t) = \frac{e_u(t)i_u(t) + e_v(t)i_v(t) + e_w(t)i_w(t)}{\omega_m} \quad (5)$$

2.4. SPWM Technique

SPWM (Sinusoidal PWM) is one of the carrier-based PWM types in which two signals are compared. These signals are called carrier and modulation signals. The carrier signal is in the triangle waveform. The frequency of the carrier signal is also referred to as the switching frequency in the literature.

The modulation signal can be in any waveform. In this method, the modulation signal is in the form of a sinusoidal wave. Switching elements are triggered with obtained PWM signals.

The modulation index which given in is the ratio of the peak value of the reference signal to the peak value of the carrier signal. The maximum modulation index value can be 1. Calculation of modulation index is given in equation 6.

$$m_a = \frac{\widehat{V}_m}{\widehat{V}_c} \quad (6)$$

Motor phase-to-neutral peak and effective voltages(fundamental component) are calculated respectively by the equation 7 and 8.

$$\widehat{V_{ph_to_n}} = m_a \frac{\widehat{V_{DC}}}{2} \tag{7}$$

$$V_{ph_to_n_rms} = \frac{1}{2\sqrt{2}} m_a V_{DC} \tag{8}$$

Motor phase-to-phase effective voltages (fundamental component) are calculated by the equation 9.

$$V_{ph_to_ph_rms} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} m_a V_{DC} \tag{9}$$

Sinusoidal waveforms at constant amplitude and frequency are modulation signals that determine the fundamental frequency of motor currents. Sinusoidal modulation waveforms are given in figure 5.

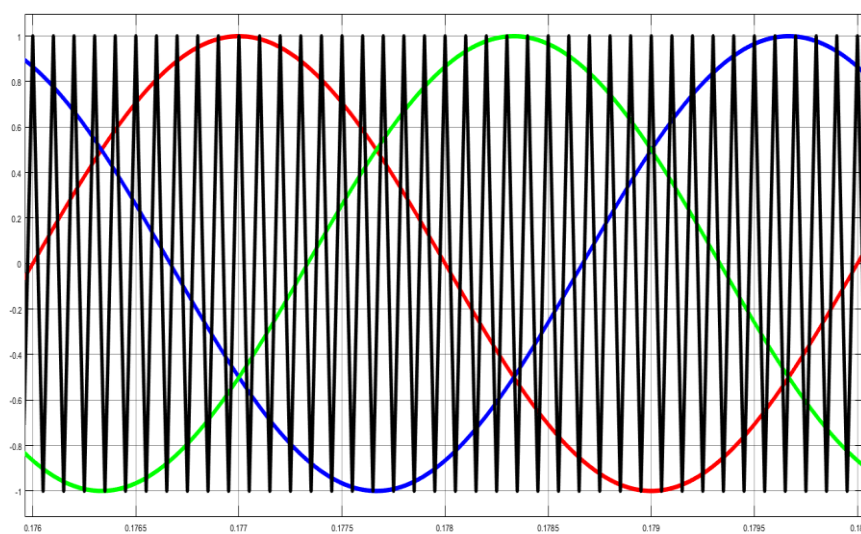


Figure 5. Modulation and carrier waveforms

Required PWM signals to switch the high-side semiconductor devices in the half-bridge structure shown in figure 1 is generated with the SPWM technique and the signals are obtained as a result of sine-triangle comparisons shown in figure 6.

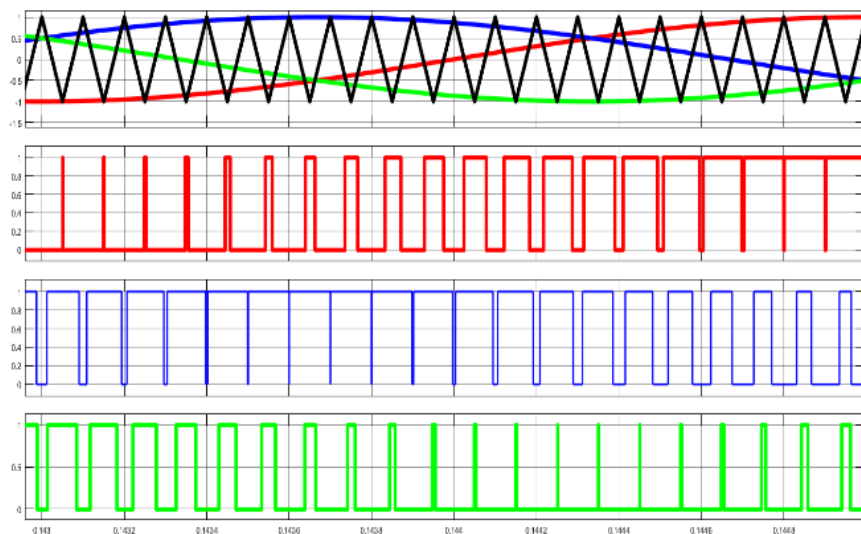


Figure 6. Generation of PWM Signals with SPWM

The inversion example of the high-side signals in figure 6 is taken in figure 7 to generate switching signals for the low-side switches in half-bridge structure. The possibility that high and low side switches are in conduction at the same time will cause a shoot through problem in the inverter. Mostly, dead-time is added between these signals.

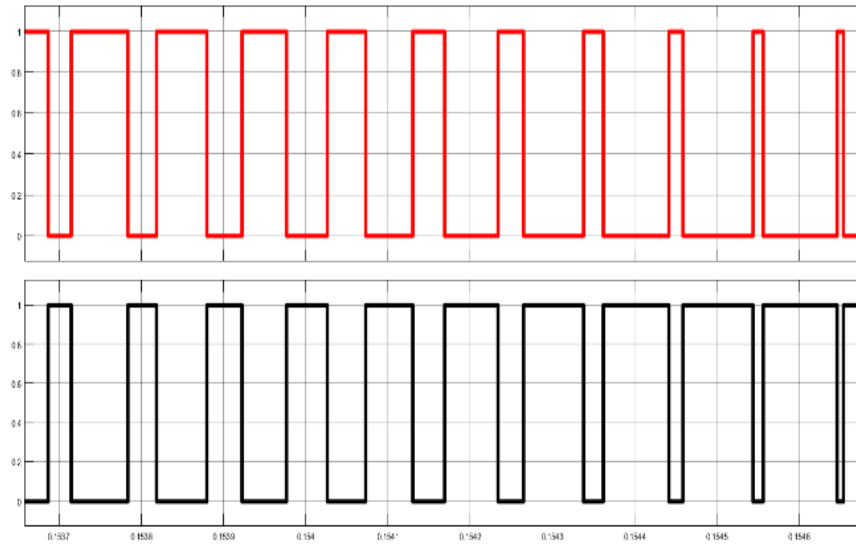


Figure 7. Switching signals for high and low side switches

3. Results and Discussion

3.1. General Simulation Model and Simulation Outputs

The detailed MATLAB/Simulink model to clarify this study in detail is shown in figure 13. The important waveforms and outputs of the simulation are given in this part.

The nominal speed was given as the starting condition in the simulation in order to overcome the problem of synchronization to the stator field while operating synchronous motors.

Load torque and speed variables were defined parametrically. The motor speed can be changed by the frequency of reference signal.

In summary, open-loop controlled, synchronous, 3 phase motor drive which fed from grid, the simulation was made with PMSM's nominal load torque of 2 Nm and nominal speed of 3000 min⁻¹.

Grid voltage(orange), grid current(magenta) and, DC bus voltage(green) are given in the simulation output figure 8.

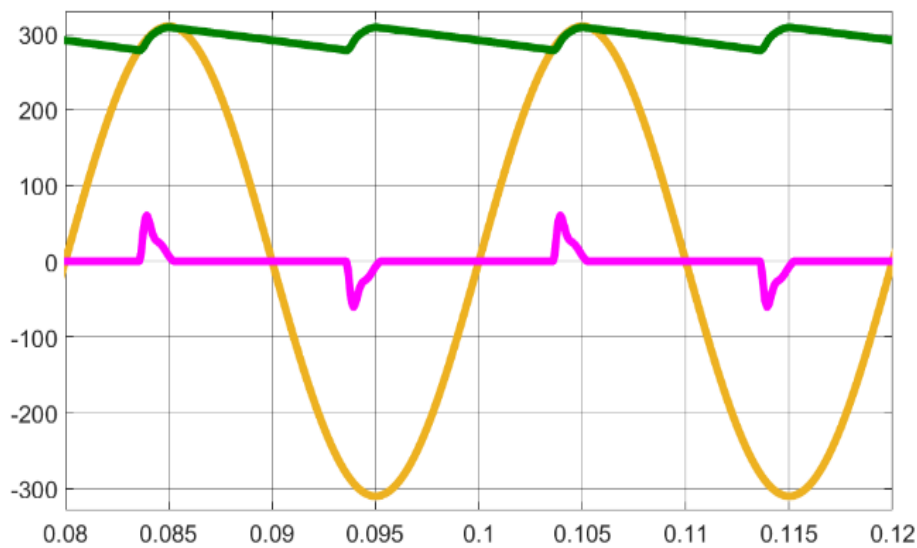


Figure 8. Grid and DC link waveforms

Instantaneous motor phase currents are given in the simulation output figure 9.

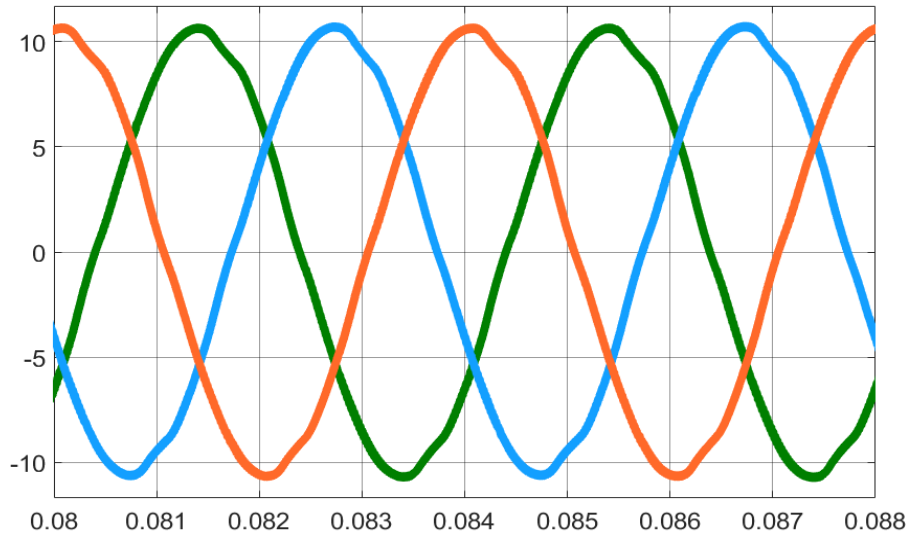


Figure 9. Motor phase currents (i_u, i_v, i_w)

Motor phase-to-neutral voltages are given in the simulation output figure 10. These values were used to calculate output power.

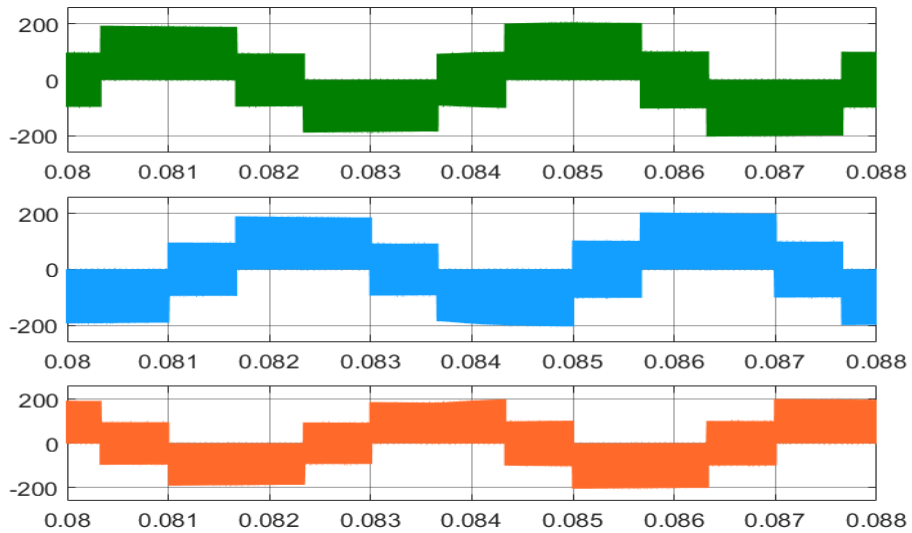


Figure 10. Motor phase-to-neutral voltages (v_{un}, v_{vn}, v_{wn})

Motor phase-to-phase voltages are given in the simulation output figure 11.

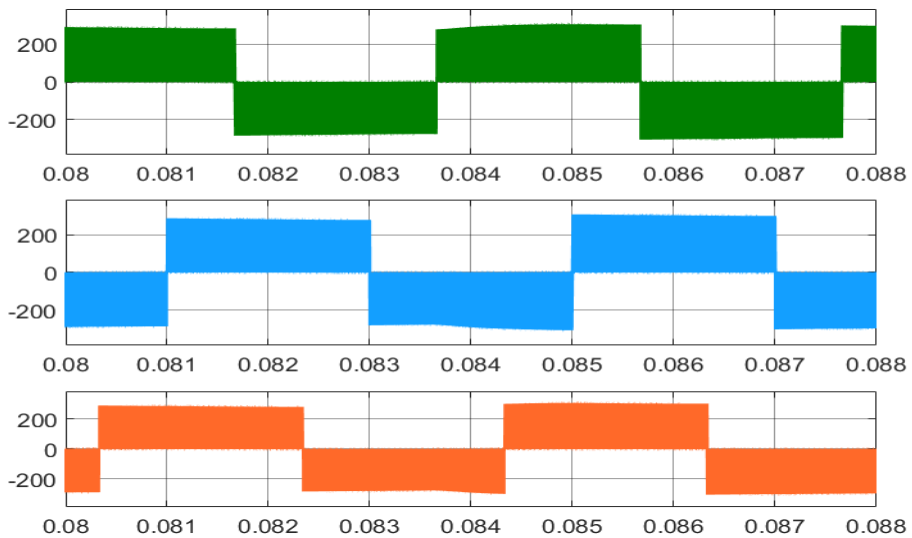


Figure 11. Motor phase-to-phase voltages (v_{uv}, v_{uw}, v_{vw})

The voltage and current of each motor phase were measured separately. The power transferred from the inverter to the motor can be obtained if the phase-neutral voltage and phase currents of the motor are known. Measured average power affecting to the motor is 1235 W. The theoretical calculations were given in equation 10,11, and 12 and the measurements were verified.

$$P_{avg} = 3 V_{un} I_u \cos \varphi \tag{10}$$

$$P_{avg} = 3 * 67 V * 7.6 A * \cos(36^\circ) \tag{11}$$

$$P_{avg} = 1235 W \tag{12}$$

Phasor diagram representation of PMSM motor is given in figure 12. Phase-to-neutral voltage(V_{un}) is $67\angle 0^\circ$ V and phase current(I_u) is $7.6\angle -36^\circ$ A. Phase difference between the motor phase current and phase-to-neutral voltage is 36 degree.

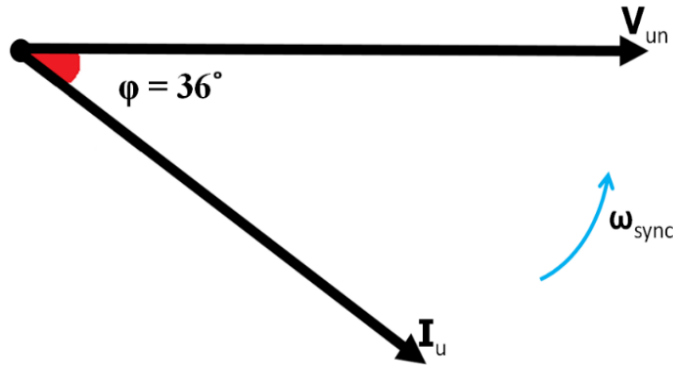


Figure 12. PMSM phasor diagram (V_{un} , I_u)

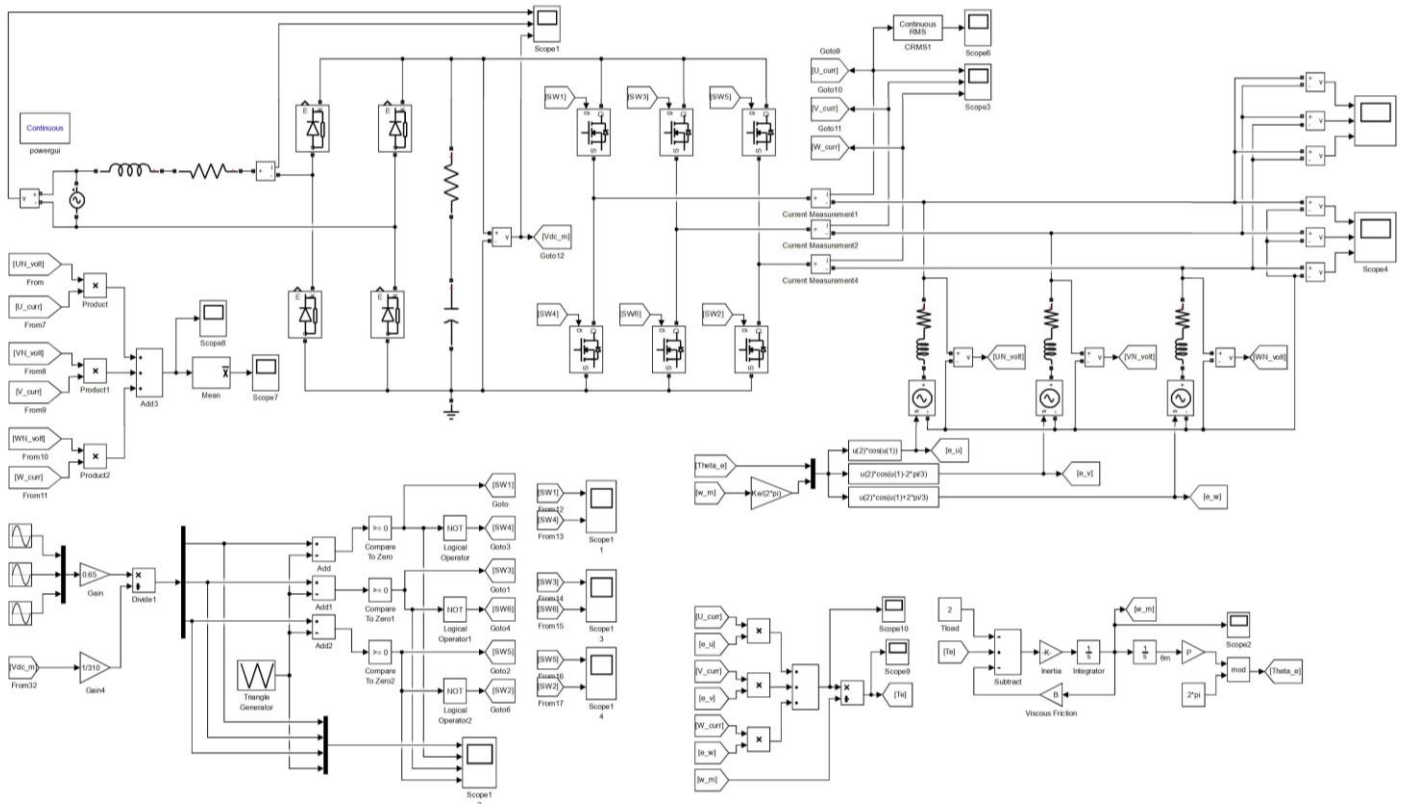


Figure 13. System model in MATLAB/Simulink environment

3.2. Discussion

All models which were created with experimental parameters in this study were designed to obtain approximate test outputs without actual test setups. Waveforms observed in simulation scopes are very close to principal waveforms and plausible. In this study, the most basic equivalent circuits were modeled, but in order to make the simulation outputs more convergent to the actual test results, the stray inductances and stray resistances caused by the copper tracks on the inverter electronic PCB (printed circuit board), component leads can also be added parametrically to the simulation. In fact, the effects of the connectors and motor cable, their parasitic inductance, parasitic capacitance and resistance can also contribute to the simulation.

4. Conclusions and Recommendations

The 2-level inverter fed from the grid, permanent magnet synchronous motor were modeled in MATLAB/Simulink environment, and required switching signals of the inverter were generated with the SPWM technique. In addition, all current and voltage patterns on the inverter and motor were examined. Finally, the output power of the inverter was obtained. The simulation which presented in this study, is very suitable for studying and making predictions on a 2-level SPWM inverter before preparation of the test setup and then be compared with the actual measurements.

5. Acknowledge

I would like to thank all the professors, experienced engineers who contributed to the development of my engineering perspective and my family who always supported me.

References

- [1] P. Purohit and M. Dubey, "Modeling, analysis and design of SPWM current controlled multilevel inverter fed PMSM drive," 2015 International Conference on Computer, Communication and Control (IC4), Indore, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/IC4.2015.7375594.
- [2] V. Shankar, A. Kumar and A. N. Tiwari, "Performance Analysis of Three Phase Voltage Source Inverter using PWM and SPWM Techniques," 2019 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), NCR New Delhi, India, 2019, pp. 759-763.
- [3] J. Pradeep and R. Devanathan, "Comparative analysis and simulation of PWM and SVPWM inverter fed permanent magnet synchronous motor," 2012 International Conference on Emerging Trends in Electrical Engineering and Energy Management (ICETEEEM), Chennai, 2012, pp. 299-305, doi: 10.1109/ICETEEEM.2012.6494517.
- [4] M. F. N. Tajuddin, N. H. Ghazali, I. Daut and B. Ismail, "Implementation of DSP based SPWM for single phase inverter," SPEEDAM 2010, Pisa, 2010, pp. 1129-1134, doi: 10.1109/SPEEDAM.2010.5542156.]
- [5] J. Sabarad and G. H. Kulkarni, "Comparative analysis of SVPWM and SPWM techniques for multilevel inverter," 2015 International Conference on Power and Advanced Control Engineering (ICPACE), Bangalore, 2015, pp. 232-237, doi: 10.1109/ICPACE.2015.7274949.
- [6] B. Li and C. Wang, "Comparative analysis on PMSM control system based on SPWM and SVPWM," 2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC), Yinchuan, 2016, pp. 5071-5075, doi: 10.1109/CCDC.2016.7531902.



Gerı Dönüştürülebilir Atıkların Materyallerine Göre Sınıflandırılması için Raspberry Pi Tabanlı Donanım Geliştirilmesi

Ali Sağlam^{1*}, Melike Taş², Nurdan Akhan Baykan³

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2980-9666)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1581-7008)

³ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4289-8889)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat. 802692)

ATIF/REFERENCE: Sağlam, A. & Taş, M. & Baykan, N.A. (2020). Gerı Dönüştürülebilir Atıkların Materyallerine Göre Sınıflandırılması için Raspberry Pi Tabanlı Donanım Geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 30-38.

Öz

Hem doğanın korunması hem de sürekli artan insan ihtiyaçları için gerekli olan ve doğada kısıtlı miktarda bulunan materyallerin takviye edilmesi için ortaya çıkan “geri dönüşüm” kavramı son yıllarda en önemli konulardan birisi olmuştur. Belirli bir geri dönüşüm işlemi sonucunda, “ham maddesi yeniden kullanılabilir hale getirilebilen atıklar” olarak bilinen geri dönüştürülebilir atıkların toplanması konusu dünya genelinde üst ve yerel yönetimlerin de ilgilendiği bir problem olmuştur. Bunun için belirli merkezlere geri dönüştürülebilir atıklar için özel kutular yerleştirilmekte ve insanlar geri dönüşüm konusunda teşvik edilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada, geri dönüşüm projelerinde kullanılmak üzere kâğıt, cam ve plastik atıklarının geri dönüşüm kutuları içerisinde gerçek zamanlı olarak tespit edilebilmesi için gerekli elektronik malzemeler ve yazılımlar kullanılarak bir materyal tanıma sistemi geliştirilmektedir. Sistem geri dönüşüm kutusuna atılan geri dönüştürülebilir katı atıkların materyallerini tanıyan ve materyale göre kullanıcı hesabına ücret yükleyen bir simülasyon işlevi görmektedir. Geliştirilen donanım kamera, LCD ekran, LED, IR LED, devre tahtası ve jumper kablo gibi Raspberry Pi üzerine bağlanabilen elektronik cihazları da içermektedir. Materyallerin tanınması için gerekli yazılımının geliştirilmesi aşamasında; kâğıt, cam ve plastik materyallerini içeren 845 adet resim çalışma kapsamında hazırlanmış ve bunların 662 tanesi Tensorflow nesne tanıma kütüphanesi üzerinde eğitim için kullanılmıştır. Materyallerin geliştirilen donanım tarafından gerçek zamanlı olarak algılanması ve elde edilen nesne tanıma modelinin donanım üzerinde kullanılabilmesi için Raspberry Pi içerisine OpenCV bilgisayarlı görme kütüphanesi yüklenmiştir. En son olarak, geliştirilen donanım ilgili materyallere özel ayrılmış kutular üzerine sabitlenerek sistem gerçek zamanlı olarak çalışır hale getirilmiştir. Sistemin düzgün çalıştığını doğrulamak için kutu içerisine bazı atıklar atılmış ve LCD ekran üzerinde sonuçlar görüntülenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Raspberry Pi, Geri Dönüşüm, Görüntü İşleme, Derin Öğrenme, Nesne Tanıma.

Development of Raspberry Pi Based Hardware for Classification of Recyclable Wastes According to Their Materials

Abstract

The concept of "recycling", which emerged to reinforce the limited amount of materials in nature, which is necessary for both the protection of nature and the ever-increasing human needs, has been one of the most important issues in recent years. The issue of collecting recyclable wastes known as “the wastes whose raw materials can be reused” as a result of a certain recycling process has been a problem that the top and local governments interest around the world. For this, special boxes for recyclable wastes are placed in certain centers and people are encouraged to recycle. In this study, a material recognition system is developed by using the necessary electronic materials and software to detect paper, glass and plastic wastes in recycling bins in real-time to be used in recycling projects. The system functions as a simulation that recognizes the materials of recyclable solid wastes thrown into the recycling bin and charges

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2980-9666, asaglam@ktun.edu.tr

the user account according to the material. The developed hardware includes electronic devices that can be connected to the Raspberry Pi such as camera, LCD screen, LED, IR LED, breadboard and jumper cable. During the development of the software required for the recognition of the materials, 845 pictures including paper, glass and plastic materials were prepared within the scope of the study and 662 of them were used for training on the Tensorflow object recognition library. The OpenCV computer vision library has been loaded into the Raspberry Pi so that the materials can be detected in real-time by the developed hardware and the obtained object recognition model can be used on the hardware. Finally, the system has become works in real-time by fixing the developed hardware on boxes dedicated to the relevant materials. To verify that the system is working properly, some waste has been thrown into the boxes and the results are displayed on the LCD screen.

Keywords: Raspberry Pi, Recycling, Image Processing, Deep Learning, Object Recognition.

1. Giriş

Dünya genelinde süregelen nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmenin etkisiyle birlikte yoğun miktarda kaynak kullanılmakta ve bunun sonucunda da yüksek oranda atık oluşmaktadır. Her geçen gün artan atıklar, toplumu ve doğayı oldukça olumsuz derecede etkilemektedir [1]. Bütün atıkların çöp arazilerine bir daha kullanılmamak üzere terk edilmesi, özellikle plastik atıklar gibi doğada sonsuza kadar varlığını sürdürebilen atıkların bulunması, doğadaki canlılar için oldukça tehlike arz etmektedir [2], [3]. Bununla birlikte, bu çalışma kapsamında üzerinde durulan plastik, cam ve kâğıt gibi maddelerin temini sürecinde küresel ısınma artmakta, enerji kaynakları tükenmekte, ormanlar büyük bir hızla yok olmakta ve atmosfer kirlenmektedir. Ayrıca bu kaynakların tekrar temini ve üretiminden dolayı ülkelerin ekonomisinde kayıplar oluşmaktadır [4].

Birçok kategoriden oluşan atık çeşitleri arasında katı atıklar kategorisine giren cam, plastik, kâğıt, metal ve karton gibi malzemelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlem ve süreçlerden geçirildikten sonra hammaddelerinin saf olarak tekrar ortaya çıkarılıp, yeniden kullanılabilir hale getirilmesi olayına “geri dönüşüm” denilmektedir [5], [6]. Bu şekilde yeniden kullanılabilir hale getirilebilen atıklara da “geri dönüştürülebilir atık” denilmektedir. Doğada uzun süre bozulmadan kalabilen cam, plastik ve kâğıt gibi maddelerden yapılan malzemeler en fazla tüketilen malzemeler olmakla birlikte, bu maddelerin geri dönüşümü de kolay olmaktadır. Bu atıkların geri dönüşüm işlemleri sürecinde harcanan enerji miktarı ham maddeden yeni malzeme oluşturulması esnasında harcanan enerji miktarına göre oldukça düşüktür. Bu maddelerin geri dönüşümü ile yeni ham madde ihtiyacı azaltılmakta, doğal kaynaklar korunmakta, fazladan enerji tüketimi önlenmekte ve doğadaki canlılara zarar veren katı atık salınımı azaltılmaktadır [7].

Bugün doğayı ve ekonomisini korumak isteyen birçok ülke geri dönüşüm konusu üzerinde önemle durmakta, devlet kurumları ve yerel yönetimler işbirliği içerisinde bununla ilgili projeler geliştirmektedir [1], [8], [9]. Gelişmiş toplumlarda insanlar da geri dönüştürülebilir atıkların toplanması konusunda bilinçlendirilmekte ve teşvik edilmektedir. Geri dönüştürülebilir atıklar için yerleşim yerlerinin belirli noktalarına geri dönüşüm konteynerleri yerleştirilmekte ve buralardan geri dönüştürülebilir atıklar toplanmaktadır.

Bu çalışmada, insanların geri dönüştürülebilir atıkları ilgili konteynerlere atmalarını teşvik etmede kullanılabilecek, yani geri dönüştürülebilir atık ilgili konteynere atıldığında karşılığında kişiye özel karta para veya puan olarak yükleme yapabilmesinde kullanılabilecek projeler için, bir atık tanıma donanımı geliştirilmektedir. Bu kapsamda, kamera, LCD ekran ve hoparlör gibi veri girdisi ve çıktısı sağlayabilecek malzemelerden oluşan ve Raspberry Pi bilgisayarı üzerinde çalışan sistem, konteynerler üzerinde gerçek zamanlı olarak çalışabilir hale getirilmiştir. Ayrıca, donanımın gerekli işlevi yerine getirmesini sağlayan gömülü yazılım geliştirilmiş ve nesnelerin tanınması için eğitilmiştir. Cam, plastik ve kâğıt maddelerinden yapılmış olan malzemelerin bulunduğu resimler elde edilerek eğitim ve test aşamasında kullanılmıştır. Geliştirilen sistemde, kutular içerisinde yerleştirilen Raspberry Pi 3 mini bilgisayarı, kamera, LED, IR alıcı-verici kızılötesi LED ve devre tahtası ile dış tarafa yerleştirilen LCD ekran jumper kablolar ile birbirine bağlanarak, kutuya atılan çöpün maddesine göre kullanıcıya bilgi sağlayan bir donanım geliştirilmiştir. LCD ekranda ilgili materyale göre kullanıcı hesabına bakiye transferi yapıldığı gösterilmektedir. Bu donanım gerçek kullanıcı hesabı kullanmamakta; gerçek hayattaki kullanım için bir simülasyon özelliği göstermektedir.

2. Materyal ve Metot

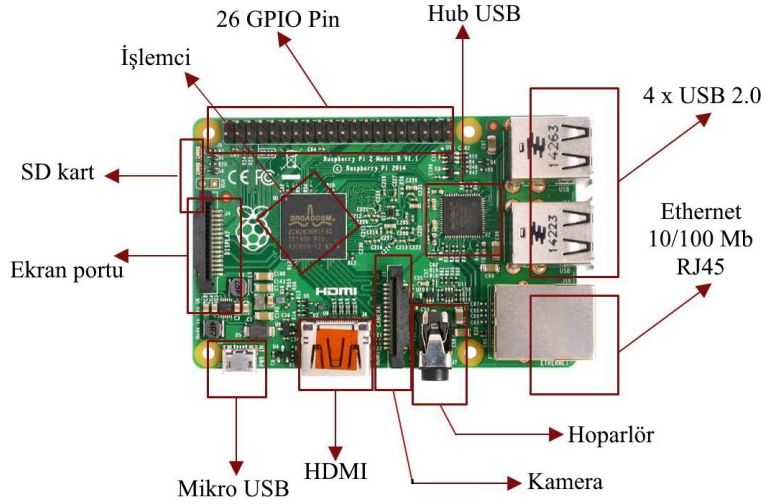
2.1. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi tek karttan oluşan bir mini bilgisayardır. Bir bilgisayar için gerekli olan işlemci, RAM bellek, giriş/çıkışlar gibi tüm birimler tek bir devre kartı üzerinde toplanmıştır. Küçük olması ve uyumlu yapısı sayesinde bu mini bilgisayarlar robotlar, akıllı ev sistemleri, otomatlar, iş makineleri ve üretim tezgâhları gibi otomatikleştirilmiş veya insan etkileşimi sağlayan makinelerin çalıştırılmasında kullanılabilmektedir [10]. Raspberry Pi mini bilgisayarı genellikle mikrokontrolcü kartların gücünün yetersiz kaldığı ve birden fazla işlemin eş zamanlı olarak yapılması gerektiği durumlarda tercih edilmektedir.

Raspberry Pi 3, Raspberry Pi ailesinin ilk 4 çekirdekli 64 bit işlemcili bilgisayardır. Raspberry Pi 3 içerisinde 1GB RAM ve 400 MHz VideoCore IV grafik işlemci barındırmaktadır. İşlemcisi ise 64 bit veri yoluna sahip 1.2 GHz hızında ARM Cortex A53 çipidir. Sahip olduğu tüm özellikler Tablo 1’de listelenmektedir [11]. Şekil 1’de ise Raspberry Pi 3’ün yapısının genel bir görünümü yer almaktadır.

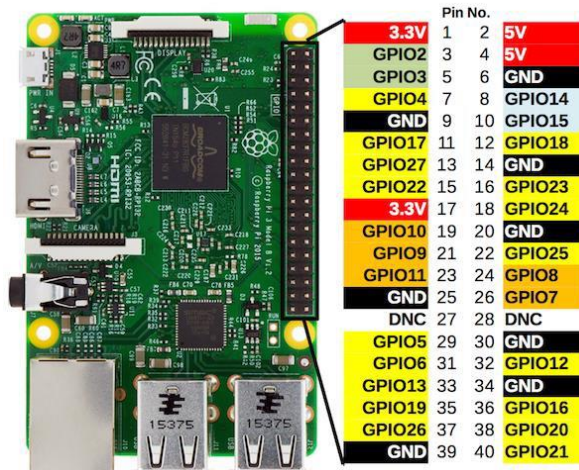
Tablo 1. Raspberry Pi 3'ün özellikleri

Özellikler
1.2 GHz 4 çekirdekli 64-bit ARM Cortex-A53 işlemci
1GB RAM
400 Mhz 2 çekirdekli Videocore IV® Multimedia
Dahili WiFi – BCM43143
Bluetooth 4.1 (Bluetooth Low Energy – BLE)
40 Adet GPIO
4 Adet USB 2
4 uçlu Stereo çıkışı ve karmaşık video çıkışı
Full HDMI
RPi Kamera bağlantısı için CSI kamera portu
RPi 7" dokunmatik ekran için DSI ekran portu
Micro SD soketi
2,5A'ye kadar destekli güç kartı
Güç ve aksiyon LED'i



Şekil 1. Raspberry Pi 3'ün genel yapısı

Şekil 2'de Raspberry Pi 3 mini bilgisayarındaki genel amaçlı giriş-çıkış (GPIO - General-Purpose Input/Output), toprak (GND - Ground), doğrudan sayısal kontrol (DNC – Direct Numerical Control) ve güç (3.3V ve 5V) pinleri gösterilmektedir [12].



Şekil 2. Raspberry Pi 3 giriş çıkış pinleri

2.2. V1.3 Raspberry Kamera Modülü

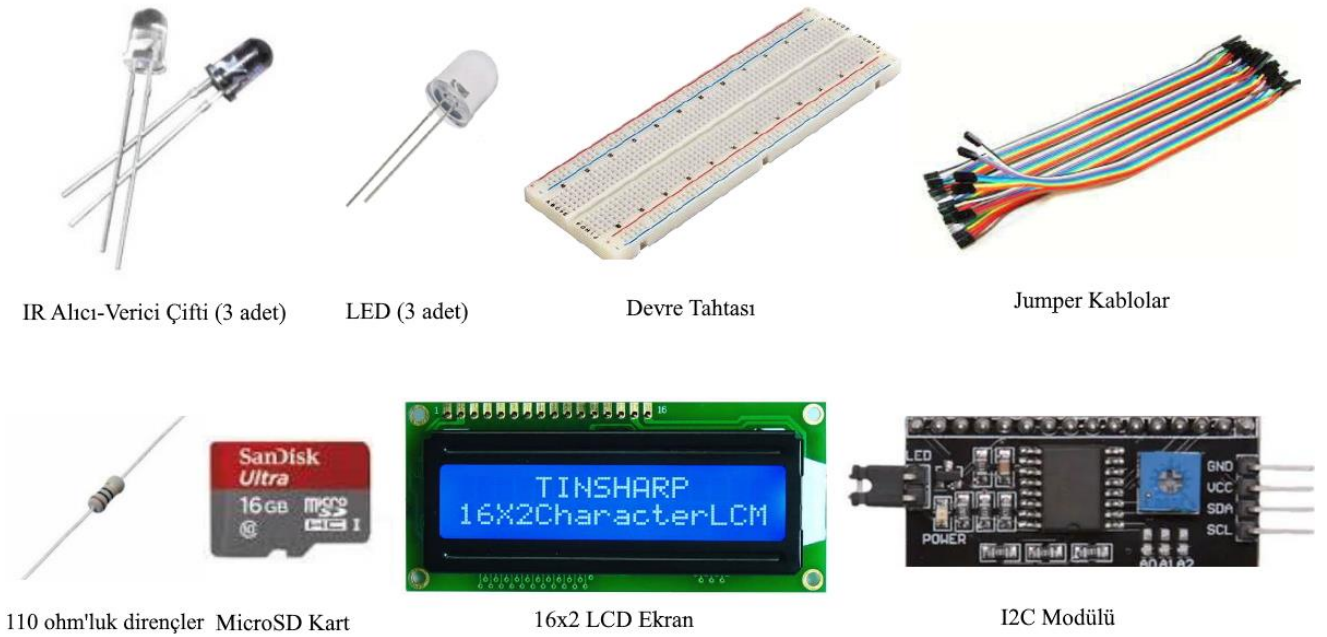
Çalışmada kullanılan Raspberry Kamera Modülü 1.3 Versiyonunda, kameranın üzerinde bulunduğu kartın boyutları 25x20 mm olup, kamera dâhil derinliği 9 mm'dir. 5 MP çözünürlüklü kamera üzerinde sabit odaklı bir lens bulunmaktadır. 2592x1944 piksel statik resim çözünürlüğü sunan kamera, video çekimlerinde ise 1080p30, 720p60 ve 640x480p60/90 çözünürlüğü desteklemektedir. Kamera modülü Raspberry Pi üzerinde çalışan tüm işletim sistemleri tarafından desteklenmektedir. Şekil 3'te kamera modülünün bir görünümü yer almaktadır.



Şekil 3. Raspberry Kamera Modülü V1.3

2.3. Kullanılan Basit Modüller

Geliştirilen donanım içerisinde kutuya çöp atıldığını sisteme bildirmesi için 3 çift IR alıcı-verici kızılötesi LED (her kutu için 1'er adet) ve çöpün görüntüsünün kamera tarafından düzgün alınması için kutu içerisinde aydınlatılmasında kullanılmak üzere 3 adet LED kullanılmıştır. Ayrıca, bileşenlerin birleştirilebilmesi için devre kartı, LED'lerin fazla akımdan etkilenmemesi için 110 ohm'luk dirençler ve modüllerin bağlanması için jumper kablolar kullanılmıştır. İşlem sonuçlarının gösterilmesi için kutuların dışına bağlanacak 1 adet 16x2 LCD ekran ve LCD ekrandaki kablo fazlalığını ortadan kaldırmak için I2C modülü kullanılmıştır. Bir de Raspbian Stretch işletim sisteminin kurulabilmesi için MicroSD Kart (16GB) kullanılmıştır. Kullanılan basit modüllerin görüntüleri Şekil 4'te toplu olarak gösterilmektedir.



Şekil 4. Kullanılan basit modüller

2.4. Raspbian Stretch İşletim Sisteminin Kurulması

Raspberry Pi'ye kendi işletim sisteminin kurulması için bir adet 16 GB MicroSD Kart kullanılmıştır. İşletim sisteminin kurulmasını yapmak için öncelikle SdCardFormatter uygulaması [13] ile MicroSD Kart biçimlendirilmektedir. Raspbian Stretch işletim sistemi indirilerek MicroSD Karta yüklenmesi için Win32 uygulaması [14] kullanılmıştır. Raspbian Stretch işletim sistemi [15], Win32 uygulaması kullanılarak MicroSD Karta yüklenmiş ve işlem tamamlanmıştır.

Windows işletim sistemi SSH bağlantısını desteklemediğinden, Raspberry işletim sistemine uzaktan bağlantı sağlamak ve oturum açabilmek için Putty [16] yazılımı bilgisayara indirilmiştir. Linux işletim sistemlerinde bulunan grafik arabirimini Windows işletim sistemi üzerinde çalıştırmak için ise Xming [17] programı bilgisayara kurulmuştur.

2.5. Raspberry Pi 3'e Uzaktan Bağlanma

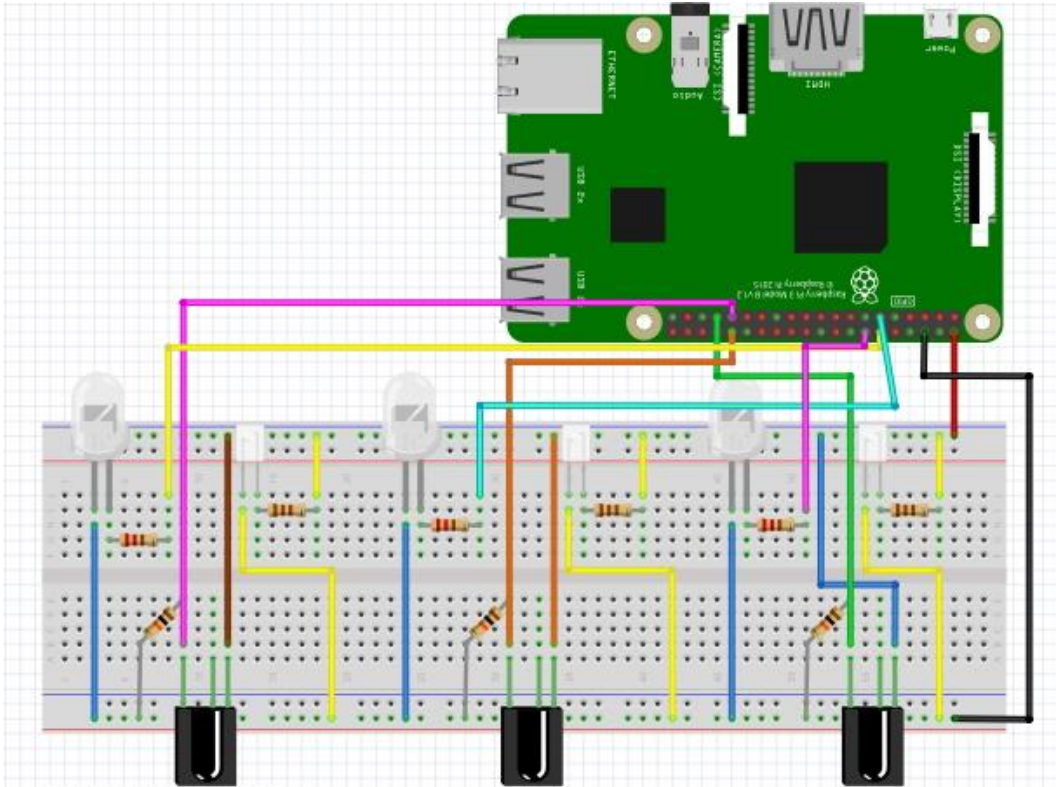
Monitör (tv, masaüstü bilgisayar monitörü vs.) kullanılarak bağlantısı gerçekleştirilen Raspberry'de, Raspberry ayarlarından SSH'ı 'enabled' ettikten sonra, MicroSD Kart içindeki 'cmdline.txt' dosyası içerisine bilgisayarın IP adresinin ilk üç kısmı aynı olacak şekilde bir IP adresi tanımlanır. Böylelikle Raspberry Pi'ye bir IP adresi atanmış olmaktadır.

IP adresi atandıktan sonra MicroSD Kart Raspberry Pi'ye takılıp, Ethernet kablosu kullanılarak bilgisayarla bağlantı kurulmuştur [18]. 'Putty' uygulamasında, Bilgisayar adı (Host Name) (ya da IP adresi) kısmına Raspberry Pi için atanan IP adresi girilip, Connection Type'ı 'SSH' olarak seçilir. X11 forwarding aktif edildikten sonra 'open' komutu ile Raspberry Pi ve bilgisayar arasında bağlantı sağlanabilmektedir. 'Xming' ara yüz uygulaması açılarak, Putty'nin konsol ekranında Raspberry Pi'ye varsayılan (default) olarak gelen kullanıcı adı ve şifresi ile girildikten sonra 'startlxde' komutuyla Raspberry Pi masaüstü ekranına erişim sağlanmaktadır.

Kablosuz bağlantı yapmak için ise; Raspberry Pi'nin Wi-Fi özelliğinden yararlanılarak Raspberry Pi'nin bağlı olduğu internetin IP'sinden, dolayısıyla bilgisayarın bağlı olduğu ağın IP adresinden yararlanılarak Putty uygulamasında IP adresi yerine yazılıp bağlantı yapılabilir. Böylelikle Ethernet kablosu gerekmeden Raspberry Pi'nin masaüstüne uzaktan bağlantı yapılabilir.

2.6. Donanım için Gerekli Bağlantıların Yapılması

Kızılötesi alıcı-verici LED'lerin devresi Şekil 5'teki gibi kurularak alıcı-verici LED'lerinin iletişimde olup olmadığını anlaşılması amacıyla LED devresi kurularak gerekli kod yazılmıştır. Alıcı-verici LED'ler iletişim halindeyken LED'in sönmesi ve iletişimin kesilmesiyle (yani çöp atıldığında) beyaz ışık yayan LED'in yanması sağlanmıştır.

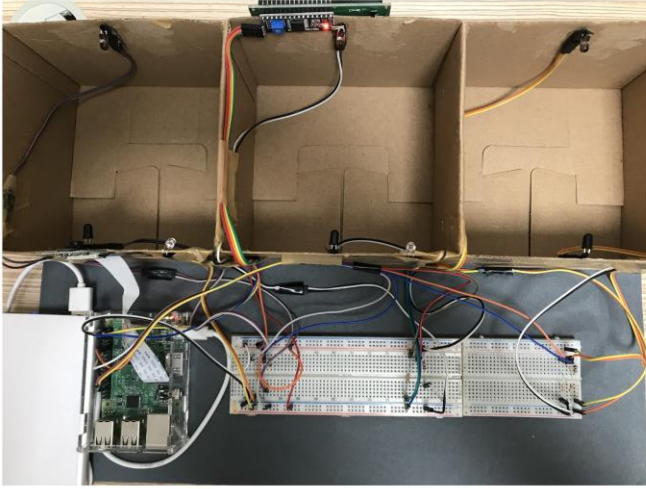


Şekil 5. Kızılötesi alıcı-verici LED bağlantıları

Şekil 6 (a)'da donanımın kutular üzerindeki yerleşimi, Şekil 6 (b)'de donanımın jumper kablolar ile bağlanma şekilleri ve Şekil 6 (c)'de ise kutu içerisine çöp atılma esnasında IR alıcı vericilerin çöpu algılayıp LED'i aktif hale getirerek yakması görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6. Donanımın kutular üzerindeki yerleşimi (a), donanımın jumper kablolar ile bağlanma şekilleri (b) ve kutu içerisine çöp atılma esnasında IR alıcı vericilerin bunu algılayıp LED'i aktif hale getirerek yakması (c)

2.7. Gerekli Yazılımların Kurulumu

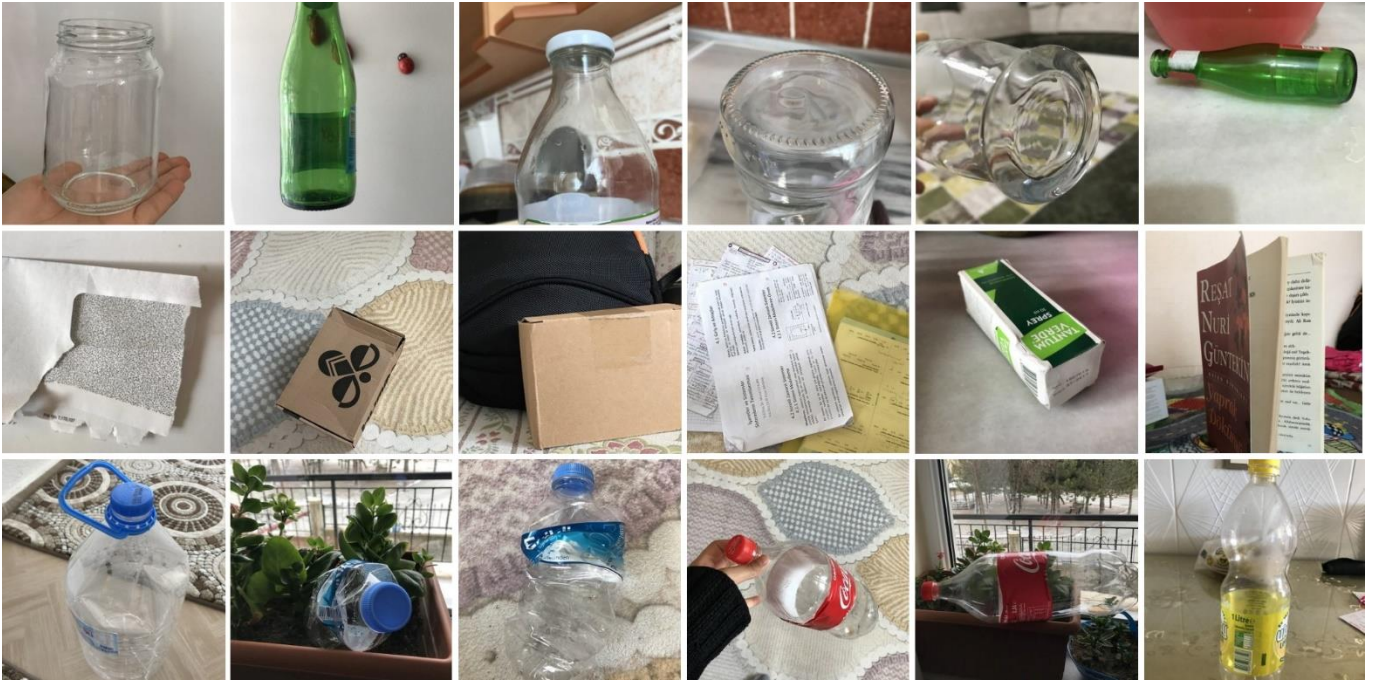
Geliştirilen donanımın amacına uygun olarak, nesnelere tanıması için gerekli olan görüntü işleme araçları bu çalışmada OpenCV kütüphanesi ile kullanılmıştır [19]. Windows işletim sisteminde görüntü işleme ile ilgili testlerin önceden yapılabilmesi için Python 3.5.6 [20]; Anaconda 3.5.2 [21] ve Pycharm [22] programları kurulmuştur.

Kurulumlardan sonra OpenCv Kütüphanesi; Python için komut isteminde, Anaconda için Navigator IDE'si içinde, Pycharm için kendi IDE'si içinde indirilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Pycharm üzerinde programlar yazılırken Anaconda ile bağlantı kurulmuş ve programların Anaconda ile yapılandırılması ve çalıştırılması sağlanmıştır. Bunlarla birlikte Raspberry Pi 3 üzerine de OpenCV Kütüphanesi yüklenmiştir [23].

Çalışmanın bu aşamasından sonra, Google'ın açık kaynak kodlu derin öğrenme (deep learning) kütüphanesi olan Tensorflow üzerinde çalışılmıştır. Tensorflow [24], Raspberry'e başarılı bir şekilde yüklenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

2.8. Eğitim ve Test için Verilerin Hazırlanması

Çalışmada; cam, plastik ve kâğıt maddelerinden yapılmış malzemeleri ayırt etmek için bir derin öğrenme sınıflandırıcısı oluşturulmuştur. Bunun için kullanılan malzemelerin yer aldığı 845 adet fotoğraf çekilmiş ve fotoğraflar aynı boyuta (500x400 piksel) getirilmiştir. Sınıflandırıcının oluşturulması için öncelikle; her bir fotoğrafa içerdiği nesnenin maddesini ve nesnenin görüntü içerisindeki koordinatlarını belirten etiketler ('.xml' dosyaları) hazırlanmıştır. Böylelikle her fotoğrafın eğitilmesi için '.xml' dosyaları oluşturulmuştur. Hazırlanan görüntülerden, örnek olarak bazıları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Eğitim verisi için hazırlanan resimlerden bazı örnekler

3. Test Sonuçları

Eğitim sürecinin CPU’da daha yavaş olması nedeniyle, yüksek özelliklerde bir GPU’ya ihtiyaç duyulmuş; bu yüzden eğitimi tamamlamak üzere, ücretsiz GPU desteği sunan Google Colab kullanılmıştır [25]. Google Colab üzerinde eğitimi yapabilmek [26] için sırasıyla; ‘Google Drive’da bir klasör yaratılarak, klasörün içinde ‘Google Colaboratory’ dosyası oluşturulmuştur. Google Drive ile gerekli bağlantılar sağlandıktan sonra ‘Tensorflow/models’ github klasörü indirilerek gerekli derlemeler yapılmıştır. ‘.LabelImg’ ile etiketlenerek oluşturulan ‘.xml’ dosyaları da kullanılarak gerekli eğitim kodları yazılmıştır.

Hazırlanan 845 adet resimden 662 tanesi eğitim için kullanılmış, kalan 183 tanesi de test amaçlı kullanılmıştır. Eğitim, Google Colab’ın GPU’yu kullanılmaya izin verdiği 12 saat içerisinde gerçekleştirilmiştir. Eğitim, yaklaşık olarak 10 saatte ve 73500 adımda sonlandırılmıştır. Eğitim sonucunda gerekli eğitim modeli kullanıma hazır hale getirilmiştir. Windows’ta, Tensorflow ile nesne tanımlama işlemi için Anaconda Prompt’ta sanal ortam kurularak Tensorflow kurulumu [24] gerçekleştirilmiştir. Google Colab üzerinde eğitilen model indirilmiş ve test amaçlı olarak Windows üzerinde bilgisayar kamerası ile nesne tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan 662 eğitim verisi ile eğitilmiş derin öğrenme modelinin, hazırlanan 183 test verisi üzerindeki başarı sonucu % 75,4 olmuştur. Şekil 8’de, eğitim sonunda elde edilen modelin bazı örnekler üzerindeki başarı sonuçları görülmektedir.



Şekil 8. Eğitim sonunda elde edilen modelin bazı resimler için verdiği sonuç olasılık değerleri

Raspberry Pi’de nesne tespitinin denenmesi için, eğitilmiş model Raspberry Pi’ye yüklenip; koddaki gerekli ayarlar değiştirilerek derlenmiştir. Yazılım yüklemesi de hazır hale gelen sistem en son olarak kutu içerisine malzemeler atılarak test edilmiş ve Şekil 9’da görüldüğü gibi LCD ekran çıktıları elde edilmiştir. LCD ekranda tanımlanan nesnenin hangi sınıfa ait olduğu ve kullanıcıya aktarılması için daha önceden atığın cinsine göre belirlenmiş olan bakiye miktarı gösterilmektedir.



Şekil 9. Geliştirilen donanım üzerinde yapılan bazı testler sonucundaki LCD ekran çıktıları

4. Tartışma

Her dakika, en az 15 ton plastik atık okyanusa sızmaktadır ve bu bir çöp kamyonunun kapasitesine eşdeğerdir. Plastik şişeler ve kutular gibi atıklar yüzünden ölüm tehlikesi yaşayan deniz canlıları ile kâğıt ihtiyacı için tüketilen milyonlarca ağaç, tüm canlılar için tehlike oluşturmaktadır. Bu sonsuz tüketim faaliyetlerinde yapılacak en anlamlı çalışma, tüketim israfını en aza indirmek ve atıkların geri dönüşümünü sağlamaktır. Geliştirilen donanımın profesyonel şekilde hayata geçirilmesi ile nesnelere tanınması ve böylece atık ayrımının yapılabilmesi sağlanabilecektir. Projede bakiye transferinin sağlanmasıyla da tüketiciyi geri dönüşüme teşvik etmek kolaylaşacaktır. Bu sayede hem üretici hem tüketici olumlu yönde etkilenecek ve doğal hayatın zarar görmesinin önüne geçilmesi sağlanacaktır.

Gelecek çalışmalar olarak, geliştirilen donanımın gerçek hayatta kullanımını sağlayacak gelişmiş hali olarak deney tahtası ve jumper kablolar yerine entegre devreler kullanılabilir ve kullanıcının hesabı ile etkileşime geçebilecek manyetik kart okuyucu modülleri sisteme dahil edilebilir. Ayrıca, hazırlanan derin öğrenme eğitim modeli için kullanılan eğitim verileri, donanımın gerçek hayatta kullanım şeklindeki görüntülerden hazırlanarak daha akıllı hale getirilebilir. Eğitim için kullanılan görüntü sayısı artırılarak, derin öğrenme modelinin daha iyi eğitilmesi sağlanarak, test aşamasında daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Bunun dışında ekran çıktısının yanında hoparlörler kullanılarak ses yardımı ile de kullanıcıya işlem sonucu ile ilgili bilgi verilebilir.

5. Sonuç

Geliştirilen donanım geri dönüşebilir atıklardan cam, plastik ve kâğıt atıkları yapay zekâ desteği ile belirli bir başarı oranında tanıyabilmektedir. Proje, örnek olarak belirlenen atıkların ayrımını yapabilmekte ve çıktı olarak da belirlenen bakiye transferini sanal olarak yapabilmektedir. Donanım basit malzemeler kullanılarak yapılmıştır ve elektronik malzemelerin gerekli bağlantılarının yapılması ile görüntü işleme yazılımı ile etkileşim halinde ekran sonuçları vermektedir. Geliştirilen prototip, donanımsal olarak doğru bir şekilde çalışmayı başarmıştır. Hazırlanan eğitim verileri ile oluşturulan yazılım kısmında ise test verilerinde % 75,4 başarı sağlanmıştır.

Kaynakça

- [1] Gündüzalp, A.A., Güven, S., (2016). Atık , Çeşitleri , Atık Yönetimi , Geri Dönüşüm ve Tüketici : Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği. Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi.
- [2] European-Plastics, (2017). An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics – the Facts. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.01.015.
- [3] Yüce, E., Kılıç, M., (2014). PVC ve PET Atıkların Seçimli Flotasyonu Bölüm 1: Plastikler, Çevresel Etkileri, Geri Dönüşümü. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. doi: 10.21605/cukurovaummfd.242821.
- [4] Güleç Solak, S., Pekküçükşen, Ş., (2018). Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi: karşılaştırmalı bir analiz. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi.
- [5] Yücel, K., Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Geri Kazanımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, 1997.
- [6] Geleri, E., Geri dönüşümün çevreye etkilerine ilişkin öğrenci tutumları, Fırat Üniversitesi, 2019.
- [7] Özbay, Ş., Fen ve teknoloji programı içinde kompost hakkında verilen etkinliklerin öğrencilerin akademik başarılarına ve çevreye tutumlarına etkisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 2010.
- [8] Kaçtıoğlu, S., Şengül, Ü., (2010). Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayı programlama modeli. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 24(1). ss. 89–112. doi: 10.16951/iib.09418.
- [9] Alakaş, H.M., Kızıldaş, Ş., Eren, T., Özcan, E., (2018). Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: Kırıkkale ilinde homojen çok araçlı araç rotalama uygulaması. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi. 3(3). ss. 190–196.
- [10] Avcu, M., Raspberry Pi 3 ile güneş takip sistemi (RPiGTS), İstanbul Arel Üniversitesi, 2018.
- [11] Direnc.net, Raspberry Pi 3 Model B, 2020. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.direnc.net/raspberry-pi-3>.
- [12] Raspberry Pi GPIO Programming in C, BMOW, 2018. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.bigmessowires.com/2018/05/26/raspberry-pi-gpio-programming-in-c/>.
- [13] Association, S., SD Memory Card Formatter. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.sdcard.org/downloads/formatter/>.
- [14] SourceForge, Win32 Disk Imager. [Çevrimiçi]. Available at: <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>.
- [15] Debian, 2017-11-29-Raspbian-Stretch. [Çevrimiçi]. Available at: http://debian.rutgers.edu/raspbian_images/raspberrypi/images/raspbian/2017-11-29-raspbian-stretch/.
- [16] Tatham, S., PuTTY, 2020. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html>.
- [17] Harrison, C., Xming X Server for Windows, 2016. [Çevrimiçi]. Available at: <https://sourceforge.net/projects/xming/>.
- [18] Raspberry Pi Türkiye Topluluğu, Raspberry Pi’ye ağ kablosu ile doğrudan bağlanma. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.raspi-tr.com/2014/10/12/raspberry-piye-ag-kablosu-ile-dogrudan-baglanma/>.
- [19] Pişkin, M., OpenCv Video Eğitim Serisi, 2016. [Çevrimiçi]. Available at: <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-egitim-serisi.html>.
- [20] Python, Python 2.7.13, 2016. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.python.org/downloads/release/python-2713/>.
- [21] Archive, A., Anaconda Installer Archive, 2020. [Çevrimiçi]. Available at: <https://repo.anaconda.com/archive/>.
- [22] JetBrains, Download Pycharm, 2020. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.jetbrains.com/pycharm/download/>.
- [23] Yazılım Akademi, Raspberry Pi & Python OpenCv Kurulum, 2017. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=j5echA62YM8>.
- [24] EdjeElectronics, Tensorflow-Object-Detection-on-the-Raspberry-Pi, 2019. [Çevrimiçi]. Available at: <https://github.com/EdjeElectronics/TensorFlow-Object-Detection-on-the-Raspberry-Pi>.
- [25] Medium, Google Colab Free GPU Tutorial, 2018. [Çevrimiçi]. Available at: <https://medium.com/deep-learning-turkey/google-colab-free-gpu-tutorial-e113627b9f5d>.
- [26] Medium, Training an Object Detection Model with Tensorflow API using Google COLAB, 2019. [Çevrimiçi]. Available at: <https://medium.com/analytics-vidhya/training-an-object-detection-model-with-tensorflow-api-using-google-colab-4f9a688d5e8b>.



Two-Stage Sequential Losses based Automatic Hash Code Generation using Siamese Network

Şaban Öztürk^{1*}

¹ Amasya University, Technology Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Amasya, Turkey (ORCID: 0000-0003-2371-8173)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.801927)

ATIF/REFERENCE: Öztürk, Ş. (2020). Two-Stage Sequential Losses based Automatic Hash Code Generation using Siamese Network. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 39-46.

Abstract

Today, large-scale image retrieval methods are used for fast access to increasing visual information. Hashing methods are an image retrieval approach that provides computationally effective and high-speed access. Hash codes created with hand-crafted features extracted from images in the past are now built with deep learning architectures. Convolutional neural network (CNN)'s an impressive performance using optimized features strengthens this trend day by day. However, it contradicts the hash codes consisting of '0' and '1' values and the procedure of updating the parameters and output of CNN architectures. To solve this problem, solutions such as bringing the bits in the CNN output to '0' and '1' values with a threshold value, and converting the output bits to binary values with the help of loss functions in the CNN output are presented in the literature. It is very useful for studies involving loss function solutions for end-to-end training. However, in these studies, loss weights are generally empirical. In order to solve this situation, a framework consisting of two steps is suggested in this study. In the first stage, Euclidean distance is used in the output of a CNN architecture that is trained in a pairwise manner. After reducing the distance between the two images below the specified value, in the second step, the network parameters are transferred, and the output is drawn to binary values with binarization loss. Thus, binary hash codes are obtained automatically for each image without using any additional weight.

Keywords: CNN, Content-based image retrieval, CBIR, medical image retrieval, hashing, binarization loss, Euclidean distance.

Siamese Network kullanarak İki Aşamalı Sıralı Kayıplara dayalı Otomatik Hash Kodu Üretimi

Öz

Günümüzde, artan görsel bilgiye hızlı erişim için büyük ölçekli görüntü erişimi yöntemleri kullanılmaktadır. Hashing yöntemleri, hesaplama açısından etkili ve çok hızlı erişim sağlayan görüntü erişimi yaklaşımlarındandır. Geçmişte görüntülerden çıkarılan el yapımı özelliklerle oluşturulan karma kodlar artık derin öğrenme mimarileriyle oluşturulmaktadır. Evrişimli sinir ağının (CNN) optimize edilmiş özellikleri kullanan etkileyici performansı, bu eğilimi her geçen gün güçlendirmektedir. Ancak, '0' ve '1' değerlerinden oluşan karma kodlarla ve CNN mimarisinin parametrelerini ve çıktılarını güncelleme prosedürü ile çelişir. Bu problemi çözmek için CNN çıktısındaki bitlerin eşik değeri ile '0' ve '1' değerlerine getirilmesi ve CNN çıkışındaki kayıp fonksiyonları yardımıyla çıkış bitlerinin ikili değerlere çevrilmesi gibi çözümler bulunmaktadır. Uçtan uca eğitim için kayıp fonksiyonu çözümlerini içeren çalışmalar için çok kullanışlıdır. Ancak bu çalışmalarda kayıp ağırlıkları genellikle ampiriktir. Bu durumu çözmek için bu çalışmada iki aşamadan oluşan bir çerçeve önerilmektedir. İlk aşamada, çift olarak eğitilmiş bir CNN mimarisinin çıktısında Öklid mesafesi kullanılır. İki görüntü arasındaki mesafe belirtilen değer altına indirildikten sonra ikinci adımda ağ parametreleri aktarılır ve çıktı ikili değerlere çekilir. Böylelikle herhangi bir ek ağırlık kullanılmadan her görüntü için ikili hash kodları otomatik olarak elde edilir.

Anahtar Kelimeler: CNN, İçerik tabanlı görüntü erişimi, CBIR, tıbbi görüntü erişimi, hashing, ikilileştirme kaybı, Öklid mesafesi.

* Şaban Öztürk, Amasya University, Technology Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Amasya, Turkey, ORCID: 0000-0003-2371-8173, saban.ozturk@amasya.edu.tr

1. Introduction

One of the consequences of the ease of access to imaging devices and the proliferation of the internet is the large number of images. Today, the number of accessible images continues to increase rapidly. Finding the desired content among these image data is a very challenging problem. Many researchers turn their attention to this direction, especially to produce fast and effective solutions [1].

Content-based image retrieval (CBIR) methods find the most similar images from a large image dataset in response to a query image. Although it seems ideal to use the nearest neighbor (NN) search for this, such a search process can take forever [2]. Hashing-based solutions are suggested to overcome this problem. Hashing methods generally consist of functions expressing high-dimensional data as low-dimensional binary codes. In this way, both computational complexities are reduced and the access process is very fast. Hashing methods in the literature are generally divided into two as data-independent and data-dependent. Since the hashing methods produce binary codes according to the image features, a distinction can be made today as hand-crafted and CNN methods. In this study, firstly, hand-crafted and CNN methods are examined in terms of extracting the features. Then, data-dependent and data-independent methods are examined for hash code generation.

Features extracted by hand-crafted methods usually require experience, and success may be reduced for data in different domains. However, these methods are highly preferred before CNN. SIFT [3], texture features [4], GLCM [5] and multiple features [6] methods are among the hashing studies performed with hand-crafted features. Many hand-crafted methods are not designed for retrieval tasks, so they cannot close the semantic gap. For this reason, CNN-based hashing methods are preferred today. CNN approaches help fill the semantic gap by automatically learning problem-based features. Multi-level deep features [7], capsule network vectors [8], and joint deep network [9] are some of the outstanding studies of CNN architectures.

The hash code generation part is examined in two categories as data-dependent and data-independent. Data-independent methods create random hash codes. These hash codes are produced independently of the dataset and without training. Locality sensitive hashing (LSH) [10] is the most well-known data-independent hashing method. This approach requires quite long hash codes. For this reason, it is not seen as an effective approach today. Data-dependent hashing methods calculate the distance between training data. It is divided into three groups as unsupervised, semi-supervised, and supervised hashing. Spectral hashing [11] and iterative quantization [12] are among the most well-known unsupervised approaches. Semi-Supervised Adversarial Deep Hashing (SSAH) [13] and Anchor-Based Self-Ensembling [14] are the high-performance semi-supervised studies that have been proposed recently. Supervised hashing methods are the most widely studied hashing method today [15, 16]. It produces the most successful results with a sufficient number of labeled data and correct architecture.

Pointwise, pairwise, and tripletwise (multi-wise) samples approaches are used in the training of hashing methods. Pointwise based methods use only one image as input. These methods generally aim to generate hash code by classifier or regression analysis. For pairwise based training, two images are used as inputs. These images can be similar or dissimilar. Tripletwise based methods use three images as input. One image is a query image, another is similar and the other is dissimilar images.

In this study, the input images are used as a pairwise manner. Because it can produce more effective results than pointwise manner input. Also, it produces results faster than triplet manner inputs. When the CBIR studies in the literature are examined, it is seen that end-to-end manner training is preferred. However, there are some difficulties in generating hash codes with your end-to-end training. The most important of these is the loss function and gradients. If the loss is calculated with a distance function such as Euclidean, the CNN output cannot automatically generate binary values. If a loss function is used in the hamming space, the CNN output can generate '0' and '1'. But in this case, updating the CNN parameters becomes a much bigger challenge. For this reason, the process of converting CNN output to binary codes with a threshold or margin value is used in the literature. Another and more effective method uses more than one loss function. In such a case, the loss function can be used together for many tasks such as measuring distance, converting the output to binary codes, and maintaining balance. This is the current approach in the literature. However, the most significant disadvantage of this method is that weight is assigned to each loss function. Calculating the values of these weights automatically creates a sizable computational complexity. It also requires fundamental changes in popular CNN architectures. For this reason, researchers determine these values by using empirical values or light education. In this study, a two-stage framework is proposed to overcome this difficulty. The testing phase of the proposed method, which has two stages of training, is an end-to-end manner. In the first stage, a CNN architecture is trained in a pairwise manner with only Euclidean distance. The parameters of the network are updated by determining the distance according to whether the pairwise images are similar or dissimilar. In the second stage, the binarization loss function is added by changing the loss function at the exit of the network trained in the first stage. In this case, a pairwise training process is performed again, with less iteration. The network, which has already learned the distance between images, learns to generate binary codes in the second stage. Finally, according to margin values, all values are made absolute '0' and absolute '1'.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 provides details and parameters of the proposed framework. Experimental results are presented in Section 3. Section 4 includes discussion and future directions. Finally, the conclusion is given in Section 5.

2. Material and Method

2.1. Datasets

Two datasets are used in this study to test the performance of the proposed framework. Having two datasets in different domains is very useful for fair measurement of the performance of the proposed method. For this reason, the first dataset consists of general objects. The second dataset contains medical images.

Dataset 1: The SIVAL (Spatially Independent, Variable Area, and Lighting) benchmark is used as the first dataset (obtained from <https://www.cs.wustl.edu/~sg/accio/SIVAL.html>) This dataset contains 25 different categories of objects. Each category consists of 60 images. Each image contains a highly diverse background. Objects in the images can be anywhere in the view. They could also be photographed from a distance or close up, photographed from a wide-angle, or part of it may not be visible. The resolution of images is 1024 by 768 pixels. All images are in RGB color space. Figure 1 (a) shows some sample images from this dataset.

Dataset 2: NEMA CT (obtained from <http://ftp://medical.nema.org/medical/Dicom/Multiframe/>) is selected as a medical dataset. The images in this data are created in the DICOM format provided by the National Electrical Manufacturers Association. In this study, images belonging to 10 classes consisting of 663 images are used. The resolution of the images is 512x512 pixels. All images are gray levels. Figure 1 (b) shows some sample images from this dataset.

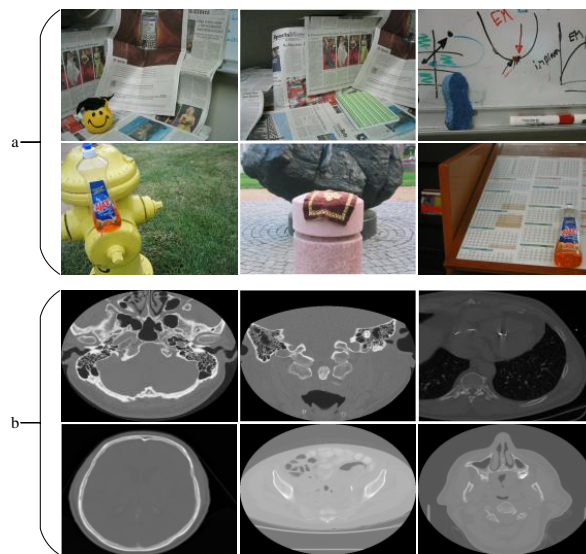


Fig. 1 Some samples from datasets, a) Samples from the first dataset, b) Samples from the second dataset

2.2. Proposed Method

In order to better understand the proposed framework, it is explained in three sections. The first of these is the CNN architecture and operation used. The second is the Euclidean distance trained network parameters section. In the third part, training with binarization loss is explained. The proposed framework is shown in Figure 2.

CNN architectures are very successful in solving image processing problems thanks to the layers they have. For this reason, they are encountered in almost all image processing works today [17]. Almost every CNN architecture contains several primary layers. The new architectures produced today are realized by additions to these primary layers or by proposing new layers. Although there are many comprehensive resources on CNN architectures, in this study, the layers used in the proposed framework will be discussed quickly to create a brief background. The convolution layer is the most basic layer of CNN architecture. This layer, which is a two-dimensional kernel, learns the features of images. Convolution kernels are subjected to 2D convolution operation with the image by moving them over the images. This process, called parameter sharing, considerably reduces the number of parameters. Rectified linear unit (ReLU) disrupts the linearity of the network, using $y = \max(0, x)$. Another layer that serves to reduce the total number of parameters in the network is the pooling layer. This layer is used after the convolution layer for increasing efficiency. It is to preserve important information in one tensor and transfer it to the next layer. There are various types, but max-pooling is preferred in this study. In the max-pooling process, only the pixel with the maximum value among the pixels under the pooling window is transferred to the next layer. A fully connected layer (FCL) is a type of multi-layered perceptron (MLP) structure. A CNN network consisting of only convolution, ReLU, and max-pooling layers can be calculated using Equation 1.

$$L_{Next} = pool_{n \times n}^{max} (\sigma (w \otimes I + b)) \quad (1)$$

where L_{Next} represents the input of the next layer or output of the current layer, $pool$ is the max-pooling operator with n by n windows size, σ represents ReLU activation function, w represents weights of the convolution layer, I represents the input of the convolution layer, b is the bias value. Table 1 shows layers of the proposed CNN architecture.

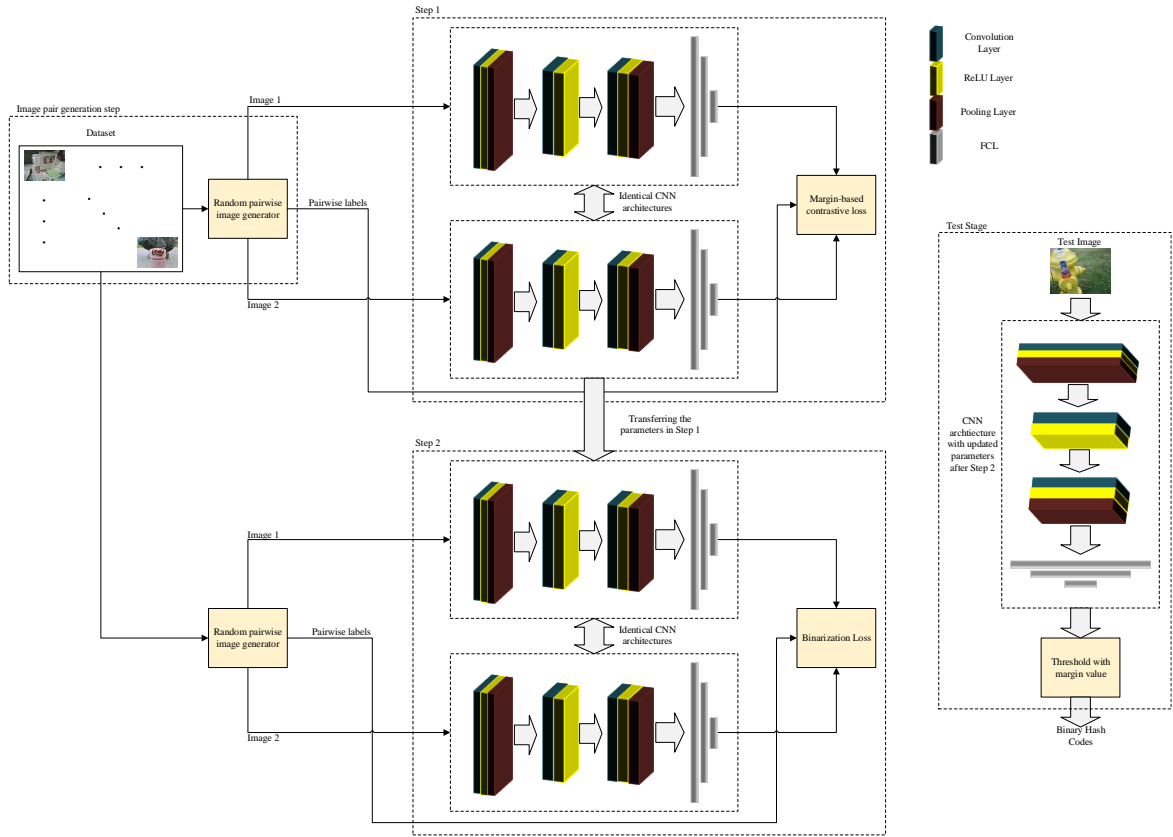


Fig. 2 The Proposed Framework

In the first stage of the proposed framework, image pairs are generated randomly from the images in the data. If two images are similar, the label value is assigned '1', otherwise '0'. Let's say I_p^N for image pairs L^N , N is the number of image pairs, when $I_p^N = \{I_1, I_2\}$, $L^N \in \{0, 1\}^N$. After creating pairs of images and pairwise labels, training is performed using contrastive loss in Step 1.

Table 1. Configurations of the proposed CNN architecture

Type	Filter size/stride	Type	Filter size/stride
Input	128x128x3	Convolution 3	3x3x128x128/1
Convolution 1	3x3x3x64/1	ReLU 3	-
ReLU 1	-	Max-Pooling 2	2x2/1
Max-Pooling 1	2x2/2	FCL 1	4096
Convolution 2	3x3x64x128/1	FCL 2	1024
ReLU 2	-	FCL 3	d

The aim in the first step is to measure the similarity between image pairs and optimize the network accordingly. Using the Euclidean space for this is one of the least costly choices. Placing similar image features close to each other in Euclidean space and disparate features to far corners of space helps to solve the problem. Margin-based contrastive loss (MBCL) function in [18] is used to implement Step 1. MBCL is calculated in Equation 2.

$$MBCL = \frac{1}{2}LD^2 + \frac{1}{2}(1-L)\{\max(0, m-D)\}^2 \quad (2)$$

where $D = \|f(I_1) - f(I_2)\|_2$

in which L is pairwise labels (If I_1 and I_2 are similar, L gets '1', if I_1 and I_2 are dissimilar, L gets '0'), $f(I_1)$, and $f(I_2)$ are feature vectors of I_1 and I_2 . m represents the margin threshold value.

The purpose of step 1 in the proposed framework is to determine the similarities between image pairs. The parameters of the Siamese network used for this are updated according to Euclidean distance. As a result of Step 1, a CNN network with updated weights is created. However, CNN architecture as such is not suitable for generating hash code. In the second step, the network and its parameters trained during the first step are used. Only the loss function is changed. In this step, the number of iterations is less than step 1. Because in step 1, similarities are learned strongly. In the second step, only these values are binarized. If step 2 is expressed in $b=h(d)$, then h represents the hashing function and d represents the size of the features. In this case, we aim to represent the feature vector as low-dimensional (k-dimensional) and binary, $b \in \{0,1\}^k$. The loss function suggested in this section pushes the last layer activations to binary values and ensures a balanced distribution of 0 and 1. Equation 3 is used to update the last layer activations of the proposed CNN inspired by [19].

$$L_{Bin} = \sum_{i=1}^I \|f(I_{current}) - m\|^2 - \frac{mean(f(I_{current}))}{2} \tag{3}$$

The length of the hash code obtained at the output of Step 2 is the same as the last layer of the CNN architecture. The code generated is not a full binary code, it consists of numbers close to '0' and '1' values. In the test phase, the margin-threshold function is added to the end of the network and the generated code is converted into full binary.

3. Results and Discussion

3.1. Experimental Results

The entry of the proposed CNN architecture is designed for 128x128 pixel dimensions. For this reason, the dimensions of all the images in both data are resized to 128x128 pixels. However, the images in the first data are colored, and the images in the medical data are gray levels. The only architectural change between the two experiments is made for this section. The input layer for the first dataset is 128x128x3. The input layer for the second dataset is 128x128x1.

Pairwise training is used in two steps of the proposed framework. For this purpose, 400 image pairs are randomly selected from the images in the dataset at each iteration. These image pairs are automatically tagged to be similar and dissimilar. The margin threshold (m) value is selected as 0.3. The learning rate is used as 10^{-5} . The gradient decay is 0.9. Adam optimizer is used to optimize the parameters of the proposed CNN architecture. To evaluate the performance of the proposed method, the output of the network in Step 1 is examined first. For this, the output neurons of this network are changed to 8, 16, and 32, respectively. Figure 3 shows the outputs in the first step of the proposed Siamese network. The curves in the upper row are related to dataset 1, and the curves in the lower row are related to the medical dataset. As can be seen from Figure 3, as the number of bits increases, the representation power of the network increases. However, as the number of parameters to be trained increases, time and computational complexity also increase.

The other information Figure 3 shows is that datasets with fewer classes can be learned faster. Because the medical dataset contains fewer classes, it converges faster. On the other hand, the binary codes generated by Step 2 are more essential for this study. For this reason, the output curves of Step 2 are analyzed in Figure 4.

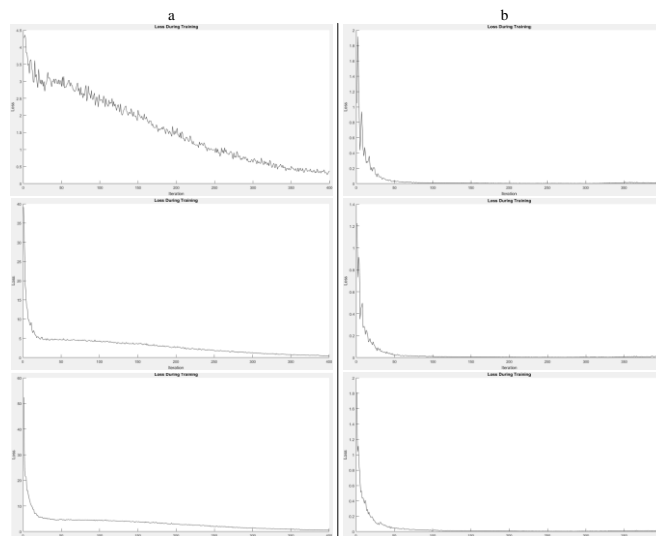


Fig. 3 Training curves of Step 1, a) Dataset 1, b) Medical dataset

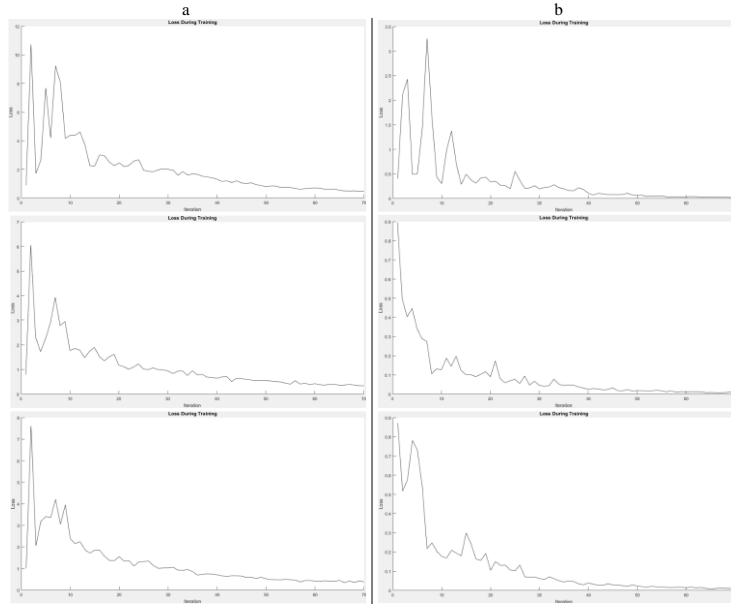


Fig. 4 Training curves of Step 2, a) Dataset 1, b) Medical dataset

3.2. Discussion

The proposed framework can be easily used with other CNN architectures. However, as the depth of the architecture increases, higher-capacity hardware is needed. In its current form, the proposed architecture performs as well as many state-of-the-art methods. If we examine the experiments in order, it turns out that the retrieval performances were satisfactory in two experiments. Because the number of classes is high in Experiment 1, using an 8-bit hash code produces fast results, but precision is insufficient. Sample retrieval images obtained from dataset 1 with an 8-bit hash code are shown in Figure 5.

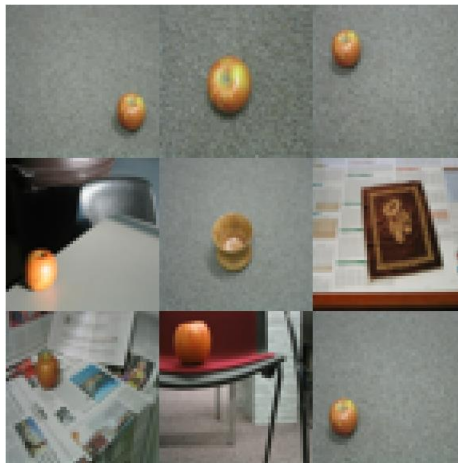


Fig. 5 Sample retrieval images obtained from dataset 1 with 8-bit hash code

Increasing the number of bits of the hash code increases the precision value, but also increases the retrieval time. The results produced by the 16-bit hash code for Dataset 1 are quite satisfactory. Besides, the results produced by the 32-bit hash code are relatively high. However, it is better to use a 16-bit hash code for dataset 1 for efficiency. Sample retrieval images obtained from dataset 1 with 16-bit hash code are shown in Figure 6.

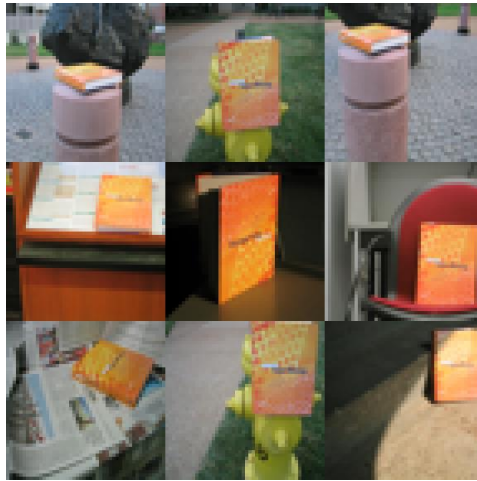


Fig. 6 Sample retrieval images obtained from dataset 1 with 16-bit hash code

Setting the medical dataset class number as 10 enables hash codes with less bit count to produce high precision. For this reason, an 8-bit hash code has both satisfactory precision and fast speed. It is appropriate to choose it in terms of efficiency. Sample retrieval images obtained from dataset 2 with an 8-bit hash code are shown in Figure 7.

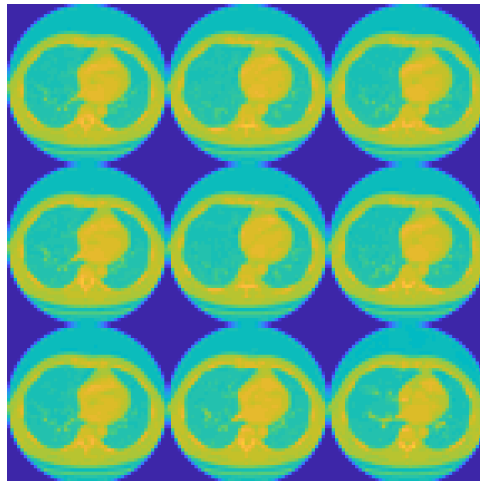


Fig. 7 Sample retrieval images obtained from dataset 2 with 8-bit hash code

4. Conclusions and Recommendations

In this study, a deep hashing method that includes the use of multiple loss functions with serial deep networks is introduced. The proposed method consists of combining margin-based contrastive loss and binarization-driven loss functions in series. In fact, there are studies with similar loss functions, but such studies usually use a single network. It combines all loss functions by assigning a separate weight. Thus, the network is updated with a single value. However, it is a big problem to calculate the importance value for each loss in such approaches. The proposed framework overcomes this problem quite simply. The proposed sequential Siamese method does not require loss weights. Also, the testing phase of the proposed framework that is not the training phase end-to-end. In addition, the training phase of the proposed framework is not end-to-end. But the testing phase is end-to-end. Compared to other state-of-the-art methods, the performance of the proposed method is higher than most. According to architectures with similar performance, its retrieval time is almost twice as efficient. Future studies will focus on end-to-end sequential architectures.

Acknowledge

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Human and animal rights: The paper does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

This research is funded by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) under grant number 120E018.

References

- [1] Ashraf, R., Ahmed, M., Ahmad, U., Habib, M. A., Jabbar, S., & Naseer, K. (2020). MDCBIR-MF: multimedia data for content-based image retrieval by using multiple features. *Multimedia tools and applications*, 79(13), 8553-8579.
- [2] Öztürk, Ş. (2020). Stacked auto-encoder based tagging with deep features for content-based medical image retrieval. *Expert Systems with Applications*, 161, 113693.
- [3] Demir, B., & Bruzzone, L. (2015). Hashing-based scalable remote sensing image search and retrieval in large archives. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 54(2), 892-904.
- [4] Alsmadi, M. K. (2020). Content-Based Image Retrieval Using Color, Shape and Texture Descriptors and Features. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1-14.
- [5] Mukherjee, A., & Gaurav, K. (2016). Content based image retrieval using GLCM. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 4(11), 20142-20149.
- [6] Liu, X., He, J., & Lang, B. (2014). Multiple feature kernel hashing for large-scale visual search. *Pattern Recognition*, 47(2), 748-757.
- [7] Ng, W. W., Li, J., Tian, X., Wang, H., Kwong, S., & Wallace, J. (2020). Multi-level supervised hashing with deep features for efficient image retrieval. *Neurocomputing*.
- [8] Li, Y., Zhang, R., Miao, Z., & Wang, J. (2019, October). CapsHash: Deep Supervised Hashing with Capsule Network. In 2019 11th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP) (pp. 1-5). IEEE.
- [9] Chen, Y., Lu, X., & Li, X. (2020). Supervised deep hashing with a joint deep network. *Pattern Recognition*, 105, 107368.
- [10] Gionis, A., Indyk, P., & Motwani, R. (1999, September). Similarity search in high dimensions via hashing. In *Vldb* (Vol. 99, No. 6, pp. 518-529).
- [11] Weiss, Y., Torralba, A., & Fergus, R. (2009). Spectral hashing. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1753-1760).
- [12] Gong, Y., Lazebnik, S., Gordo, A., & Perronnin, F. (2012). Iterative quantization: A procrustean approach to learning binary codes for large-scale image retrieval. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 35(12), 2916-2929.
- [13] Jin, S., Zhou, S., Liu, Y., Chen, C., Sun, X., Yao, H., & Hua, X. S. (2020). SSAH: Semi-Supervised Adversarial Deep Hashing with Self-Paced Hard Sample Generation. In *AAAI* (pp. 11157-11164).
- [14] Shi, X., Guo, Z., Xing, F., Liang, Y., & Yang, L. (2020). Anchor-Based Self-Ensembling for Semi-Supervised Deep Pairwise Hashing. *International Journal of Computer Vision*, 1-18.
- [15] Luo, Y., Yang, Y., Shen, F., Huang, Z., Zhou, P., & Shen, H. T. (2018). Robust discrete code modeling for supervised hashing. *Pattern Recognition*, 75, 128-135.
- [16] Yao, T., Han, Y., Wang, R., Kong, X., Yan, L., Fu, H., & Tian, Q. (2020). Efficient discrete supervised hashing for large-scale cross-modal retrieval. *Neurocomputing*, 385, 358-367.
- [17] Öztürk, Ş., & Akdemir, B. (2019). A convolutional neural network model for semantic segmentation of mitotic events in microscopy images. *Neural Computing and Applications*, 31(8), 3719-3728.
- [18] Hadsell, R., Chopra, S., & LeCun, Y. (2006, June). Dimensionality reduction by learning an invariant mapping. In 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06) (Vol. 2, pp. 1735-1742). IEEE.
- [19] Roy, S., Sangineto, E., Demir, B., & Sebe, N. (2020). Metric-Learning-Based Deep Hashing Network for Content-Based Retrieval of Remote Sensing Images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*.



Kapasitif Enkoderler için Sağlam bir Algılayıcı Mekanığı

Emrehan Yavsan^{1*}, Muhammet Rojhat Kara², Mehmet Karalı¹, Mehmet Akif Erişmiş³

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9521-4500)

² Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0353-1902)

³ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6837-2087)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.801957)

ATIF/REFERENCE: Yavşan, E., Kara, M.R., Karalı, M. & Erişmiş, M.A. (2020). Kapasitif Enkoderler için Sağlam bir Algılayıcı Mekanığı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 47-53.

Öz

Kapasitif enkoder teknolojisi manyetik ve optik enkoder teknolojilerine kıyasla daha güncel ve günümüzde halen geliştirilmekte olan bir açısal pozisyon algılayıcı teknolojisidir. Çeşitli özelliklerde ve farklı bileşenlere sahip kapasitif enkoderler bulunmaktadır. Yenilikçi ve yüksek performanslı kapasitif bir enkoderin geliştirilebilmesi için mevcut kapasitif enkoderlerin ayrıntılı bir şekilde irdelenmesi ve sınıflandırılması gerektiğinden bu çalışmada genel bir kapasitif enkoder mimarisi tanımlanarak kapasitif enkoderler için detaylı bir sınıflandırma verilmiştir. Sunulan mimari; sinyal işleme ön devresi, algılayıcı mekanığı ve sinyal işleme son devresinden oluşmaktadır. Sinyal işleme ön devresi kapasitif enkoderin tetikleme sinyal devresini, sinyal işleme son devresi kapasitif enkoderin demodülasyon devresini içermektedir. Burada sağlam bir algılayıcı mekanığın belirlenebilmesi için kapasitif enkoderler detaylı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi kapasitif enkoderlerin plaka sayılarına, plakalar üzerine yerleştirilen elektrot dizilişlerine ve rotor plakaların malzemelerine göre yapılmıştır. Sınıflandırma sonucunda sağlam bir algılayıcı mekanığına karar verilmiştir. Algılayıcı mekanığındaki bileşenler çeşitli analizlerle belirlenip bilgisayar destekli tasarım programlarıyla tasarlanmıştır. Tasarlanan mekanik bileşenler üretildikten sonra sunulan algılayıcı mekanığı kurulmuştur. Kurulan algılayıcı mekanığı için de bir ön tasarım süreci işletilmiştir. Algılayıcı mekanığı kurulduktan sonra uygun fiyatlı bir test düzeneğinde test edilmiştir. Bu çalışmayla, geliştirilmekte olan yenilikçi ve yüksek performanslı kapasitif enkodere sağlam bir algılayıcı mekanığı kazandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kapasitif Rotary Enkoder, Kapasitif Ölçüm, Açı Ölçümü, Enkoder Mekanığı, Kapasitif Sensör Mekanığı.

A Robust Sensor Mechanics for Capacitive Encoders

Abstract

Capacitive encoder technology is an angular position sensing technology that is more current and still being developed today compared to magnetic and optical encoder technologies. Capacitive encoder technologies with various properties and different components are available. Existing capacitive encoders in the literature need to be classified extensively to develop an innovative and high performance capacitive encoder. In this study, a general capacitive encoder architecture was defined and capacitive encoders were classified in detail. The presented capacitive encoder architecture consists of the signal processing front-end circuit and sensor mechanics of the capacitive encoder. The signal processing front circuit contains the excitation signal circuit of the capacitive encoder and the signal processing end circuit includes the demodulation circuit of the capacitive encoder. In this study, capacitive encoders were classified in detail in order to achieve a robust sensor mechanics. The classification process was carried out according to the number of plates of capacitive encoders, the electrode arrays placed on the plates and the materials of the rotor plates. A robust sensor mechanics was decided by the classification process. After reaching the sensor mechanical components through various analyzes, these components were designed using computer-aided design programs. After the designed mechanical components were produced, a

* Sorumlu Yazar: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9521-4500, eyavsan@erbakan.edu.tr

robust sensor mechanics was established. A preliminary design process was also used for the proposed robust sensor mechanics. The designed sensor mechanics was tested in a low-priced test setup after the realization. As a result of this study, a robust sensor mechanics has been provided to the innovative and high performance capacitive encoder under development.

Keywords: Capacitive Rotary Encoder, Capacitive Measurement, Angle Measurement, Encoder Mechanics, Capacitive Sensor Mechanics.

1. Giriş

Enkoderler açı ölçümünde kullanılan pozisyon algılayıcılarıdır. Bu açısal pozisyon algılayıcıların içerisinde mekanik olarak değişen açı değeri, dijital bir sinyal üzerine aktararak algılayıcı çıkışına iletiğinden bu tip algılayıcıların mekanik birer analog-dijital dönüştürücü olarak görev yaptıkları söylenebilir. Manyetik, optik ve kapasitif enkoder teknolojileri bulunmaktadır. Bunlar arasında esnek kullanıma en yatkın olanı kapasitif enkoder teknolojisidir. Esneklik, algılayıcı mekaniğin çeşitli şekillerde üretilebilmesinden kaynaklanır.

Kapasitif bir algılayıcıyla ölçülen fiziksel büyüklük, kapasitansın çeşitli şekillerde değiştirilebilmesiyle ölçülebilir. Buradaki en önemli kriter; ölçülecek fiziksel büyüklüğün Denklem 1'deki temel kapasitans parametreleriyle ilişkilendirilmesidir.

$$C = \epsilon \frac{A}{d}, \quad (1)$$

burada C kapasitansı, ϵ dielektrik sabitini, A kapasitansı oluşturan plakaların örtüşme alanlarını ve d plakalar arasındaki mesafeleri temsil eder. Kapasitif enkoder plakaları arasındaki kapasitansın bu 3 parametreden biriyle değiştirilmesi sonucunda çeşitli algılayıcı mekanikleri oluşturulabilir. Bu yolla yüksek çözünürlük ve düşük boyutlarda çeşitli mekaniklere sahip kapasitif enkoderler geliştirilmiştir [1-3]. Fakat algılayıcı mekaniklerin kararlı ve sağlam olması gerekmektedir. Burada minyatürize ve yüksek çözünürlüklü bir kapasitif enkodere kararlı bir algılayıcı mekaniği kazandırmak için atılan adımlar ayrıntılarıyla verilmeye çalışılmıştır.

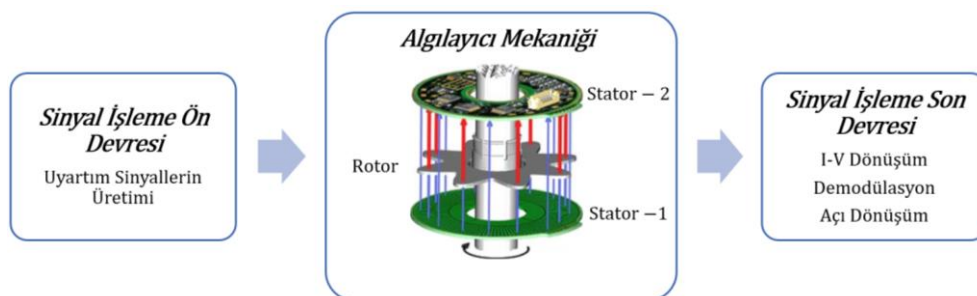
Sağlam bir algılayıcı mekaniğiyle kapasitif enkoderlerdeki hataların çoğu ciddi oranda azaltılabilir. Wolffenbuttel ve Kampen sundukları algılayıcı mekaniğindeki plaka desenlerini değiştirerek aynı mekanik üzerinden ölçülen açı verisindeki hataları azaltmışlardır [4]. Mohammed ve Rehman da benzer bir çalışma yaparak sundukları kapasitif enkoderin rotor plaka şekil ve desenini geliştirerek daha önce sundukları algılayıcı prototipinden daha iyi sonuçlar elde ettiklerini göstermişlerdir [5].

Zangl ve Bretterklieber kapasitif algılayıcıların plaka şekillerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Benzetim ortamında iki farklı kapasitif algılayıcının en iyi rotor şekillerine ulaşmaya çalışmışlardır. Fakat bu çalışmada sadece rotor şekline yoğunlaşmıştır. Algılayıcı mekaniklerin tamamı çalışmaya dahil edilebilir. Yinede bu tip çalışmaların azlığı göz önüne alındığında kapasitif algılayıcı geliştirme sürecinde doğru adımların nasıl atılması gerektiğini gösteren kıymetli çalışmalar vardır [6].

Zheng ve arkadaşları, herhangi bir yazılımsal hata minimizasyonu algoritması kullanmadan algılayıcı mekaniklerinde yaptıkları iyileştirmelerle enkoderin doğrusal olmama hatasını indirmişlerdir [7]. Kapasitif enkoder çıkış sinyalindeki hataların benzer şekilde algılayıcı mekanikleri üzerinden giderildiği buna benzer bir kaç çalışma daha bulunmaktadır [8, 9].

Bu çalışmaların tamamı sağlam bir algılayıcı mekaniğin kapasitif enkoderler için ne kadar önemli bir bileşen olduğunu gösteren değerli çalışmalardır. Fakat kapasitif enkoder gelişiminde algılayıcı mekaniğin nasıl belirlendiğiyle ilgili çalışma sayısı yok denecek kadar azdır [10]. Varolan az sayıda çalışmanın da güncellenmeye ihtiyacı vardır.

Kapasitif enkoderlerle ilgili çalışmalar incelendiğinde kapasitif enkoderlerin elektriksel bir sinyal işleme devresiyle algılayıcı mekaniğin birleşiminden oluştuğu görülmektedir. Sinyal işleme devresinde genel olarak kapasitif enkoderin çalıştırılmasında kullanılan uyartım sinyallerinin üretimi, enkoder çıkış sinyallerinin demodülasyonu ve açı dönüşümü yapılmaktadır. Buradan kapasitif enkoderler için Şekil 1'deki gibi bir genel mimari çıkartılabilir.



Şekil 1. Kapasitif enkoder mimarisini [11]

Kapasitif enkoderin hareketsiz stator plakalarına uyarım sinyalleri uygulandığında enkoder plakaları arasında rotor plakasının dönüşüyle orantılı kapasitanslar oluşacaktır. Bu kapasitanslar, enkoder plakaların örtüşme alanlarıyla değişir. Kapasitanslardan geçen sinyallerin stator plakaları üzerinden alınması ve uygun demodülasyon yöntemiyle demodüle edilip açılı verisine dönüştürülmesi sonucunda rotor plakasının açısal pozisyonuna ulaşılabilir.

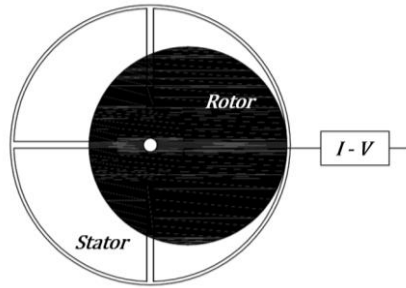
Şekil 1'de gösterilen algılayıcı mekaniğindeki en ufak değişim tüm enkoder mimarisini etkileyecektir. Bu nedenle algılayıcı mekaniği sağlam kurulmalı ve mekanik üretildikten uygulanabilirlikten uzaklaşmadan test edilmelidir. Bu çalışmada yenilikçi ve yüksek performanslı kapasitif bir enkoder için sağlam bir algılayıcı mekaniği kurulmuştur. Kurulan mekanik; düşük maliyetli ve enkoderin uygulanabilirliği düşünülerek sıfırdan oluşturulmuş bir test düzeneğinde test edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kapasitif Enkoderlerin Detaylı Sınıflandırılması

Algılayıcı mekaniğin oluşturulabilmesi için kapasitif enkoderler; plakalarının sayısı ve yerleşimi, rotor plakasına temasın olup olmaması, rotorun iletkenliği, şekli ve deseni ile sinyal işleme devresi için tercih edilen algılama yöntemine göre incelenmiş ve altı farklı sınıfa ayrılmıştır.

2.1.1. Tip-1 Kapasitif Enkoder



Şekil 2. Tip-1 enkoder [12]

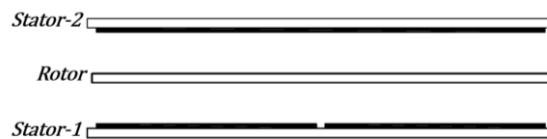
Şekil 2'deki tip-1 enkoder, 1 adet stator ve 1 adet rotor plakasından oluşan 2 katmanlı kapasitif enkoder tipidir. Stator plakası üzerine yerleştirilmiş olan çeyrek daire şeklindeki her bir verici elektroda aralarında 90° faz farkı bulunan ve eş frekanslı tetikleme sinyalleri uygulanabilir.

Plakalar arasında oluşan kapasitans üzerinden geçen akım, rotor plakasını kaplayan toplayıcı elektrot üzerinden alınarak akım-gerilim (I-V) dönüştürücü devresiyle enkoder çıkış gerilimine dönüştürülmektedir. Bu tipte olduğu gibi toplayıcı elektrotların rotor üzerinde bulunduğu her tip için rotora temas söz konusudur. Rotora fiziksel bir temasın olması genelde istenmeyen bir durumdur ve rotorun bağımsız bir şekilde dönebilmesi istenir. Aksi halde sürtünmelerden kaynaklı sorunlar meydana gelebilecek ve algılayıcı doğruluğu olumsuz yönde etkilenecektir.

Kapasitif enkoderler için tek ya da iki yüzü de iletken rotorlar kullanılabilir. Şekil 2'de merkezi kaydırılmış daire şeklindeki tek kutuplu rotor tercih edilmiştir. Fakat farklı desenlerdeki çok kutuplu rotorlar da tercih edilebilir. Çok kutuplu bir rotorun tercih edilmesi durumunda uyarım elektrot sayısının kutup sayısı ile orantılı olarak artacağı unutulmamalıdır. Bu artış, rotorun her kutbu için özdeş uyarım elektrotlarından oluşan 1 adet uyarım elektrot grubu şeklindedir. Tip - 1 enkoder ile bu çalışmada sunulan diğer tiplerden de görüleceği üzere rotorların tek kutbunun karşısında 4 adet özdeş elektrottan oluşan 1 adet elektrot grubu bulunmaktadır.

Tip-1 enkoderde uyarım sinyalleri stator üzerindeki çeyrek daire dilimli ve aynı isimli uyarım elektrotlara uygulandıktan sonra plakalar arasındaki kapasitans oluşumu stator üzerindeki uyarım elektrotlardan rotor üzerindeki toplayıcı elektrotlara doğru olur.

2.1.2. Tip-2 Kapasitif Enkoder

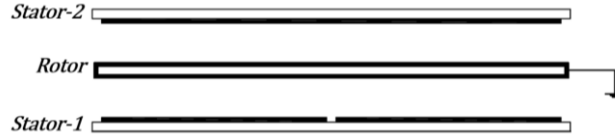


Şekil 3. Tip-2 enkoder [2, 9]

Şekil 3'te verilen tip-2 enkoder, 2 adet stator ve 1 adet rotor plakasından oluşan 3 katmanlı kapasitif enkoder tipidir. 3 katmanlı yapısından dolayı rotor eksenindeki bozulmalara ve rotor eğimine karşı 2 katmanlı tiplere nazaran daha dirençlidir. Burada uyarım elektrotları alt kısımda bulunan stator plakası üzerine yerleştirilmişken tek parça halindeki toplayıcı elektrot, üst kısımdaki stator üzerindedir. Plakalar arasında oluşan kapasitans üzerinden geçen akım, toplayıcı elektrot üzerinden alınacağından rotora temas söz konusu değildir. Bu tipte dielektrik rotor kullanılmıştır.

Uyarım sinyalleri verici elektrotlara uygulandıktan sonra plakalar arasındaki kapasitans oluşumu bu tip için verici elektrotlardan toplayıcı elektroda doğrudur.

2.1.3. Tip-3 Kapasitif Enkoder



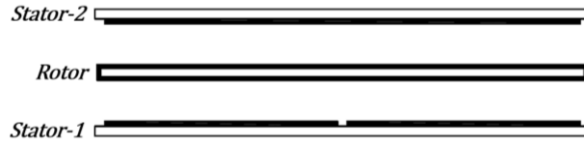
Şekil 4. Tip-3 enkoder [13]

Şekil 4'te 2 adet stator ve 1 adet rotor plakasından oluşan 3 katmanlı tip-3 enkoder gösterilmiştir. Tip-2 gibi bu tip enkoder de rotor eğimine karşı duyarsızdır. Bu tipte uyarım elektrotları alt kısımda bulunan stator plakası üzerine yerleştirilmişken tek parça halindeki toplayıcı elektrot, üst kısımdaki stator üzerindedir.

Enkoder plakaları arasında oluşan kapasitans üzerinden geçen akım, toplayıcı elektrot üzerinden alınmasına rağmen topraklama işleminden dolayı rotora temas söz konusudur. Tip-3 enkoderde her iki yüzü iletken rotor kullanılmış olup, rotor topraklanmıştır. Yüzler arasında elektriksel iletim vardır.

Uyarım sinyalleri, uyarım elektrotlara uygulandıktan sonra plakalar arasındaki kapasitans oluşumu bu tip için verici elektrotlardan alıcı elektroda doğrudur.

2.1.4. Tip-4 Kapasitif Enkoder

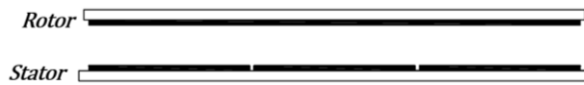


Şekil 5. Tip-4 enkoder [14]

Şekil 5'te verilen tip-4 enkoder, 2 adet stator ve 1 adet rotor plakasından oluşan 3 katmanlı kapasitif enkoder tipidir. Diğerlerine göre daha yaygın olarak çalışılan bir tiptir. Bu tipteki uyarım elektrotları alt kısımda bulunan stator plakası üzerine yerleştirilmişken tek parça halindeki toplayıcı elektrot, üst kısımdaki stator üzerindedir. Plakalar arasında oluşan kapasitans üzerinden geçen akım, toplayıcı elektrot üzerinden alınacağından rotora temas yoktur. İki yüzü iletken rotor kullanılmış olup rotorun her iki yüzü arasında elektriksel iletim vardır.

Uyarım sinyalleri aynı isimli uyarım elektrotlarına uygulandıktan sonra plakalar arasındaki kapasitans oluşumu uyarım elektrotlardan rotor yüzeyine kaplanmış olan elektroda, oradan da alıcı elektroda doğrudur. Burada rotorun aynı deseni içeren özdeş yüzlerden oluşması gerekmez. Yüzlerden sadece birinin desen içermesi yeterlidir. Önemli olan rotor yüzleri arasında elektriksel iletimin olmasıdır.

2.1.5. Tip-5 Kapasitif Enkoder



Şekil 6. Tip-5 enkoder [7]

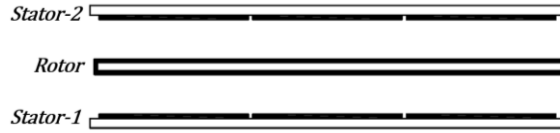
Şekil 5'teki enkoder, 1 adet stator ve 1 adet rotor plakasından oluşan 2 katmanlı tip-5 kapasitif enkoderdir. Burada uyarım elektrotları stator plakasının dış kısmına yerleştirilmişken tek parça halindeki toplayıcı elektrot, stator plakasının iç kısmına

yerleştirilmiştir. Tip-5 enkoder plakaları arasında oluşan kapasitans üzerinden geçen akım, toplayıcı elektrot üzerinden alınacağından rotora temas yoktur ve tek yüzü iletken rotor kullanılmıştır.

Tip-5 enkoderlerde diğer tiplerden farklı olarak toplayıcı ve uyarım elektrotlara ilaveten rotor plakası üzerinde bağlayıcı ve yansıtıcı elektrotlar bulunmaktadır. Toplayıcı ve uyarım elektrotlar birbirlerinden izoleyken bağlayıcı ve yansıtıcı elektrotlar iletim halindedir. Bu nedenle bağlayıcı ve yansıtıcı elektrotlar tek parça şeklinde düşünülebilirler.

Bağlayıcı elektrot, uyarım elektrotların tam karşısında bulunurken yansıtıcı elektrot ise toplayıcı elektrodun tam karşısında bulunmaktadır. Uyarım sinyalleri uygulandıktan sonra plakalar arasındaki kapasitans oluşumu; uyarım elektrotlarından bağlayıcı elektroda, oradan yansıtıcı elektroda, yansıtıcı elektrottan da toplayıcı elektroda şeklindedir. Tip-5 ve benzeri kapasitif enkoderlerde kullanılan bağlayıcı elektrotlar, genellikle rotor desenini oluşturan elektrotlardır.

2.1.6. Tip-6 Kapasitif Enkoder



Şekil 7. Tip-6 enkoder. Bu çalışmada sunulan sağlam algılayıcı mekaniği bu tipten türetilmiştir.

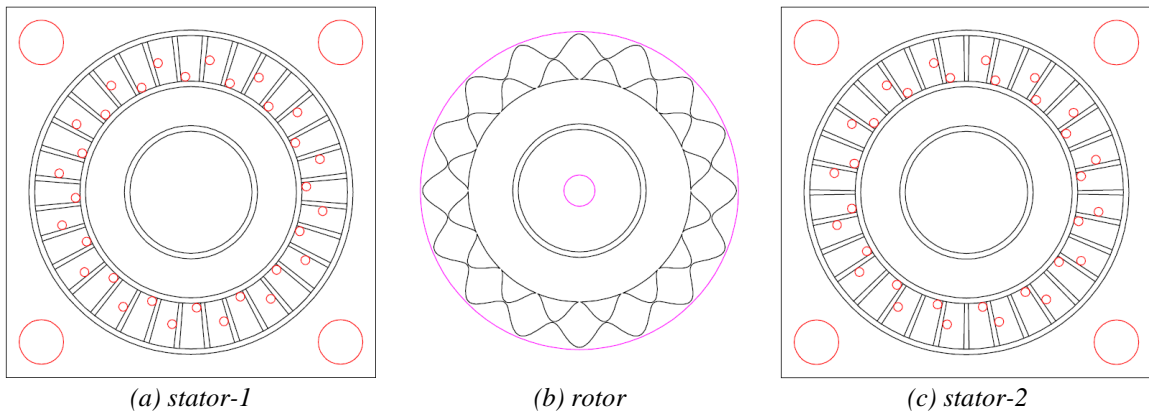
Şekil 7'deki tip-6 enkoder, 2 adet özdeş stator ve her iki yüzünde aynı deseni içeren 1 adet rotor plakasından oluşan 3 katmanlı kapasitif enkoder tipidir. Bu enkoder tip-5 enkoderin simetrisi alınarak oluşturulduğundan tip-5'e göre rotor eğimine karşı daha duyarsızdır.

Tip-6'daki uyarım elektrotları, stator plakalarının dış kısmına yerleştirilmişken tek parça halindeki toplayıcı elektrotlar, stator plakalarının iç kısmına yerleştirilmiştir. Buradaki plakalar arasında oluşan kapasitans üzerinden geçen akım, toplayıcı elektrotlar üzerinden alınacağından rotora temas yoktur.

Tip-6 enkoderde iki yüzü iletken rotor kullanılmış olup rotorun her iki yüzü arasında elektriksel iletim söz konusudur. Bu tipteki enkodere uyarım sinyalleri uygulandıktan sonra enkoder plakaları arasında; uyarım elektrotlarından bağlayıcı elektrotlara, oradan da yansıtıcı elektrotlar üzerinden toplayıcı elektrotlara şeklinde bir kapasitans oluşumu gözlenmektedir. Bu çalışmada sunulan enkoder tiplerindeki kapasitans oluşumları, parazitik kapasitanslar ihmal edilerek verilmiştir.

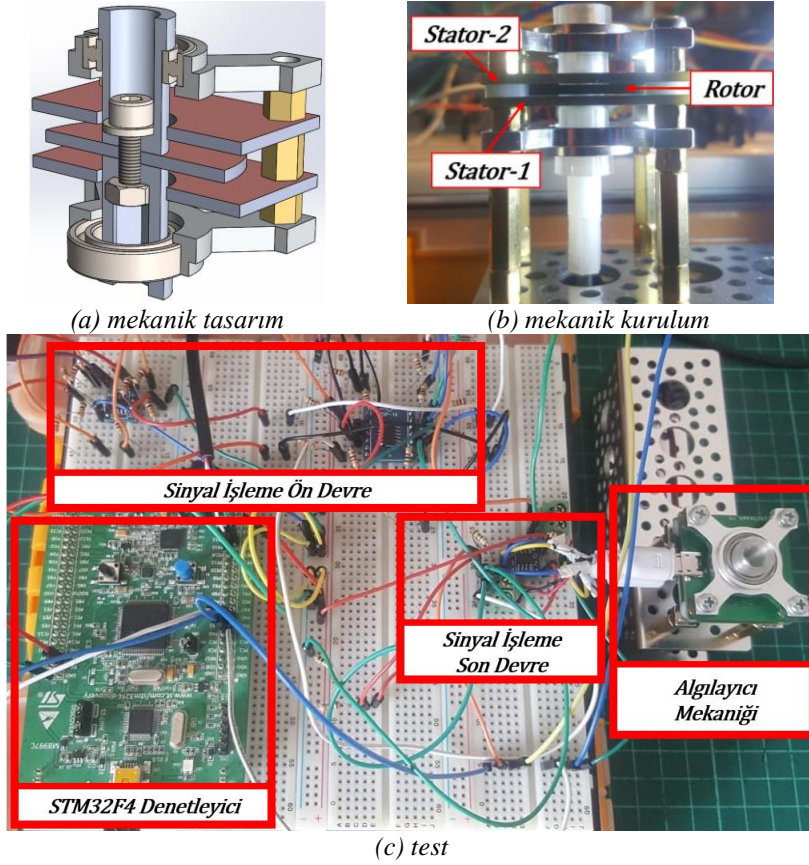
2.2. Algılayıcı Mekaniğin Oluşturulması

Bu çalışmada sağlam bir algılayıcı mekaniğine ulaşmak için sunulan detaylı sınıflandırılma sonucunda 2 katmanlı yapılara göre daha dirençli olan tip-6 kapasitif enkoder türevi bir yapı tercih edilmiştir. Tercih edilen 3 katmanlı enkoderin rotor plakasının belirlenmesi için çeşitli analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır [15]. Yapılan bu çalışmaların sonucunda Şekil 8'deki plaka tasarımlarının kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 8. Sunulan kapasitif algılayıcı mekaniğinde kullanılacak olan plakalar.

Şekil 8'de verilen plaka tasarımları üretildikten sonra Şekil 9a'daki mekanik tasarım, Şekil 9b'de kurulmuştur. Kurulan enkoder mekaniği düşük maliyetle ve laboratuvar imkanlarında oluşturulan Şekil 9c'deki test düzeneğinde test edilmiştir.



Şekil 9. Sağlam bir kapasitif enkoder mekaniğın (a) tasarımı, (b) kurulumu ve (c) testi

4. Sonuç

Kapasitif enkoder çalışmalarında algılayıcı mekaniğın tüm kapasitif enkoder mimarisini şekillendirdiği ve mimariyi doğrudan etkilediği görülmektedir. Buna rağmen özellikle kapasitif enkoderler için algılayıcı mekaniğın, hangi parametrelerle ve nasıl belirlendiğiyle ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada kapasitif enkoder geliştirme süreci özellikle mekanik açıdan ayrıntısıyla ele alınmış ve detaylı bir inceleme yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda sağlam bir kapasitif enkoder mekaniği elde edilmiş ve gerçekleştirilmiştir. Sunulan sağlam enkoder mekaniği laboratuvar ortamında gerçekleştirilen uygun fiyatlı bir test düzeneğinde test edilmiştir.

Bu çalışmayla geliştirilmekte olan yenilikçi ve yüksek performanslı kapasitif bir enkodere sağlam bir algılayıcı mekaniği ve altyapı kazandırılmış olup sunulan test düzeneğın geliştirilmesine devam edilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma “Yenilikçi ve Yüksek Performanslı Kapasitif Rotary Enkoder Geliştirilmesi” başlıklı NEÜ BAP birimi tarafından 191419007 proje numarasıyla, TÜBİTAK tarafından 2211-C kapsamında 1649B031907024 burs başvuru numarasıyla desteklenen doktora çalışmasından bir bölümün derlenip detaylandırılmasıyla hazırlanmıştır.

Kaynakça

- [1] Krklješ, D., Vasiljević, D., & Stojanović, G. (2014). A capacitive angular sensor with flexible digitated electrodes. *Sensor Review*.
- [2] Karali, M., Karasahin, A. T., Keles, O., Kocak, M., & Erismis, M. A. (2018). A new capacitive rotary encoder based on analog synchronous demodulation. *Electrical Engineering*, 100(3), 1975-1983.
- [3] Fu, Y., Fan, W., Jin, H., & Chen, Q. (2020). A new capacitance angle sensor of concentric ring multi-layer differential. *Measurement*, 158, 107625.
- [4] Wolfenbuttel, R. F., & Van Kampen, R. P. (1991). An integrable capacitive angular displacement sensor with improved linearity. *Sensors and Actuators A: Physical*, 27(1-3), 835-843.
- [5] Mohammed, E. B., & Rehman, M. (2003). Digital capacitive angular-position sensor. *IEE Proceedings-Science, Measurement and Technology*, 150(1), 15-18.

- [6] Zangl, H., & Bretterkieber, T. (2004, October). Rotor design for capacitive sensors. In *SENSORS, 2004 IEEE* (pp. 520-523). IEEE.
- [7] Zheng, D., Zhang, S., Wang, S., Hu, C., & Zhao, X. (2014). A capacitive rotary encoder based on quadrature modulation and demodulation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 64(1), 143-153.
- [8] Kimura, F., Gondo, M., Yamamoto, A., & Higuchi, T. (2009, November). Resolver compatible capacitive rotary position sensor. In *Industrial Electronics, 2009. IECON'09. 35th Annual Conference of IEEE* (pp. 1923-1928). IEEE.
- [9] Das, S., Sarkar, T. S., & Chakraborty, B. (2018). Simple approach to design a capacitive rotary encoder. *IET Science, Measurement & Technology*, 12(4), 500-506.
- [10] Brasseur, G. (2003). Design rules for robust capacitive sensors. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 52(4), 1261-1265.
- [11] Zheng, D., Zhang, S., Zhang, Y., & Fan, C. (2012, July). Application of CORDIC in capacitive rotary encoder signal demodulation. In *2012 8th IEEE International Symposium on Instrumentation and Control Technology (ISICT) Proceedings* (pp. 61-65). IEEE.
- [12] Netzer, Y., 2002, U.S. Patent No. 6,492,911. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [13] Netzer, Y. Rotary Electric Encoder Technology.
- [14] Ferrari, V., Ghisla, A., Marioli, D., and Taroni, A., 2006, Capacitive angular-position sensor with electrically floating conductive rotor and measurement redundancy. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 55(2), 514-520.
- [15] Yavsan, E., Karali, M., Gokce, B., & Erismis, M. A. (2020, June). The Effect of Rotor Plates on Capacitive Measurement in Capacitive Encoders. In *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (pp. 1-4). IEEE.



Grain Surface Classification via Machine Learning Methods

Hüseyin Duysak^{1*}, Umut Özkaya², Enes Yiğit³

^{1*} Department of Electrical Electronics Engineering, Engineering Faculty, Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Turkey (ORCID: 0000-0002-2748-0660)

² Department of Electrical Electronics Engineering, Engineering Faculty, Konya Technical University, Konya, Turkey (ORCID 0000-0002-9244-0024)

³ Department of Electrical Electronics Engineering, Engineering Faculty, Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Turkey (ORCID: 0000-0002-0960-5335)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802719)

ATIF/REFERENCE: Duysak, H., Özkaya, U. & Yigit, E. (2020). Grain Surface Classification via Machine Learning Methods. *European Journal of Science and Technology, (Special Issue)*, 54-59.

Abstract

In this study, radar signals were analyzed to classify grain surface types by using machine learning methods. Radar backscatter signals were recorded using a vector network analyzer between 18-40 GHz. A total of 5681 measurements of A scan signals were collected. The proposed method framework consists of two parts. First Order Statistical features are obtained by applying Fast Fourier Transform (FFT), Discrete Cosine Transform (DCT), Discrete Wavelet Transform (DWT) on backscatter signals in the first part of the framework. Classification process of these features was carried out with Support Vector Machine (SVM). In the second part of the proposed framework, two dimensional matrices in complex form were obtained by applying Short Time Fourier Transform (STFT) on the signals. Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) and Gray-Level Run-Length Matrix (GLRLM) were obtained and feature extraction process was completed. Classification process was carried out with DVM. 10-k cross validation was applied. The highest performance was achieved with STFT+GLCM+SVM.

Keywords: Radar, Measurement, Machine Learning, Classification.

Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Tahıl Yüzey Sınıflaması

Öz

Bu çalışmada buğday yüzey çeşitlerinin sınıflandırılması için radar yardımıyla elde edilen sinyaller makine öğrenmesi yöntemleri ile analizi gerçekleştirilmiştir. 18-40 GHz frekans arasında vektör ağ analizörü kullanılarak radar geri saçılım sinyalleri kaydedilmiştir. Toplamda 5681 adet A tarama sinyallerinin ölçümleri kaydedilmiştir. Önerilen yöntem çerçevesi iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde geri saçılım sinyalleri üzerinde Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD), Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD), Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) uygulanarak Birinci Derece İstatistiksel özellikler elde edilmiştir. Bu özellikler Destek Vektör Makinesi (DVM) ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin ikinci bölümünde sinyaller üzerinde Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) uygulanarak karmaşık formda iki boyutlu matrisler elde edilmiştir. Bu matrislerin büyüklüğü baz alınarak özellik çıkarımı için Gri Değer Eş Oluşum Matrisi (GDEOM) ve Gri Değer Koşu Uzunluğu Matrisi (GDKUM) elde edilerek özellik çıkarım işlemi tamamlanmıştır. DVM ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. 10-k çapraz doğrulama işlemi uygulanmıştır. En yüksek performans KZFD+ GDEOM+DVM ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radar, Ölçüm, Makine Öğrenmesi, Sınıflama

1. Introduction

Silos are primary storage tools for grain. Grain is a so important food source because it contains various nutrients. So, the main task of silos is to protect and increase the storage life of grain[1]. For these reasons, determining the amount of grain is important in many situations such as seed planning, trades, and inventory tracking. That's why, different level measurement systems having own specific characteristics have been used[2]. The most important issue in silo level measurement is the conical grain stack structures inside the silo. These conical structures occur after the grain is unloaded or filled from the silo as seen from Figure 1. Single-point level determination systems such as ultrasonic, and laser, which provide a perfect solution for level measurement of liquids. Determination of the silo level with single-measurement point cannot produce a good solution due to the conical grain structures inside silo. Errors of these systems can be reduced by placing more sensor[3]. In addition, laser and ultrasonic systems are affected by dust, especially after grain filling and unloading. On the other hand, radar-based level measurement system is not affected by harsh environmental conditions and so it can be preferred in dusty environments such as silos. Besides, the whole surface of the grain can be illuminated electromagnetically by a radar system consisting of a wide beam width antenna. Thus, the level information of the whole grain surface can be obtained. However, it is very difficult to determine the grain level information from the complex reflection signal caused by the metallic walls of the silo and the surface structures of the grain. In recent years, in order to overcome these problems, combination of signal processing and machine learning algorithm has become popular[1], [4]. In this study, Support Vector Machine (SVM) algorithm is proposed to determine the grain surface type in silo by using radar backscattering signal dataset. The learning and test dataset were constituted using the radar-based experimental system. A total of 5681 measurements were performed for different grain surface conditions and different amounts of grain.

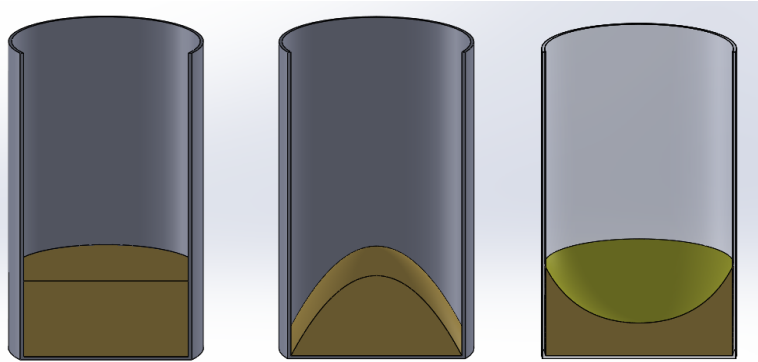


Figure. 1 Grain surface condition types in silo (a) levelled (b) peaked cone (c) inverted cone

The content of this paper is as follows: in the next chapter, the experimental measurement setup and proposed method are mentioned. In Chapter 3, and results are given. In the last section the study is summarized with conclusion remarks.

2. Material and Method

2.1. Experimental System

In order to perform silo level measurement, the experimental setup is constructed as shown in Figure 2. The experimental setup consists of model silo, vector network analyser (VNA), horn antennas, computer, grain and filling tube and volumetric cup. In this study, model silo is used instead of a commercial silo in order to carry out the experiments in the laboratory environment. Dimensions of model silo is calculated by scaling model method. In the scaling method, as the dimensions of the platform reduce, the measurement frequency increases. Dimensions of model silo corresponds to 8% of a commercial silo in [5]. Therefore, diameter of model silo is 36 cm. On the other hand, VNA is used to generate step frequency continuous wave radar (SFCWR) signal. SFCWR transmits radar signals in a certain frequency bandwidth and it collects the reflected signals from targets. Range resolution, dz and the maximum unambiguous range of the radar, R_{max} are calculated as follows,

$$dz = \frac{c}{2B} \quad (1)$$

$$R_{max} = N \cdot dz \quad (2)$$

where c , B and N are speed of light, frequency bandwidth and the number of measurement frequencies, respectively.

The backscattering signal $S[k]$ reflected from the target at a distance R in SFCWR can be expressed as.

$$S[k] = \sum_{k=1}^N p e^{-jk2R} \quad (3)$$

where $k = \frac{2\pi f}{c}$ is wave number and $f = 1, 2, 3 \dots N$ is frequency vector generated by SFCWR.

$S[k]$ refers the backscattering signal of the whole surface of the grain in the frequency domain. The complex range profile $S[r]$ is can be calculated by implementing the inverse Fourier Transform operation to $S[k]$ as follows,

$$S[r] = \mathcal{F}^{-1}\{S[k]\} \quad (4)$$

On the other hand, two horn antennas were used to transmit and receive the SFCWR signal.

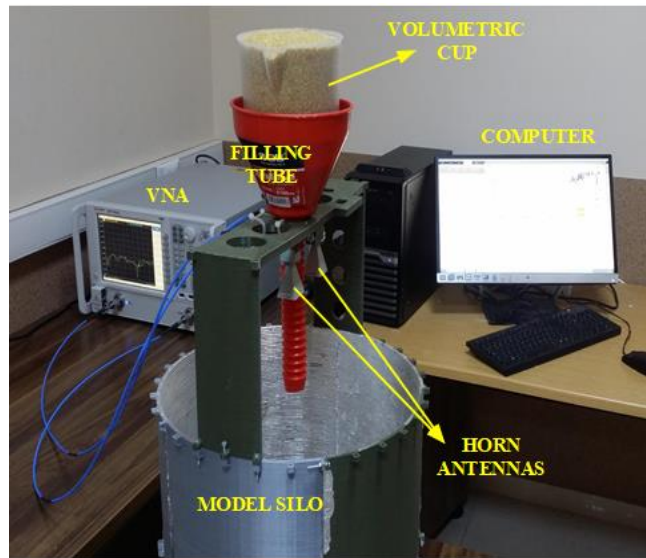


Figure. 2 Experimental System

2.2. Experiments and Construction of Dataset

Measurements were carried out in frequency range varying from 18 to 40 GHz with 301 frequency steps. Range resolution and maximum unambiguous range of the radar are calculated as 6.8mm and 2.04m via Eq.1 and Eq.2. On the other hand, according to scaling method, this frequency range corresponds to 1.5-3.2 GHz for commercial silo level measurement. As for experiments, different amounts of grain were filled and unloaded and so radar backscattering signal for three grain surface conditions (peaked cone, inverted cone, levelled) were obtained. In total, 5681 measurements were performed and recorded.

2.3. Proposed Framework

Two different parts in frameworks have been proposed for the classification of grain silo radar data. In the first part of proposed framework, different transformation methods are applied on the signals and different features are obtained. Within the scope of the second part in proposed framework, the responses of the signal data in the time and frequency domain are transformed by Short Time Fourier Transform (STFT) technique on the signals. By obtaining the size of the complex-sized STFT Gray level feature extraction methods were applied on the magnitude of STFT matrix. Proposed framework is given in Figure 3.

In the concept of first part of proposed framework, Fast Fourier Transform (FFT) performs operations on Discrete Fourier Transform (DFT) [6]. Performance of FFT is fast and efficient. Discrete cosine transform (DCT) is a technique used to separate the components of the signal in the frequency domain [7]. DCT technique is applied as a data compression algorithm and also is expressed as a finite number of data series in terms of the sum of the cosine functions. The basis of Discrete Wavelet Transform (DWT) method is the process of separating the main signal into sub-components by passing it through high and low pass filters. The low frequency signal obtained after the first level is subjected to wavelet transform again and divided into its own sub-components. It continues until the expected or desired signals are obtained in this way [8]. First Order Statistical (FOS) features are obtained and the classification process is performed after transformation processes, FOS features are based on mean, variance, curvature, kurtosis, entropy and energy.

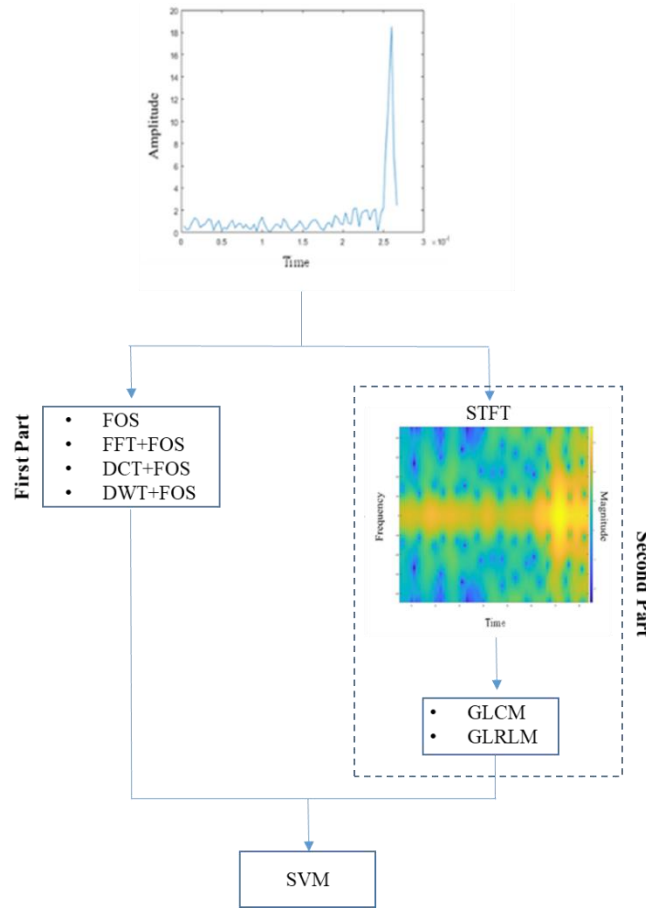


Figure. 3 Proposed Framework

Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) and Gray-Level Run-Length Matrix (GLRLM) methods are used for feature extraction methods from magnitude of STFT matrix in the scope of second part for proposed method. In STFT, the non-stationary sign is divided into small pieces that can be considered as stationary in time. The sign is viewed through narrow windows and the sign inside the window is assumed to be stationary. Although the time-frequency representation of the signal is obtained, the width of the selected window plays an important role in the efficiency of the transformation. There is a resolution problem in STFT related to the window width [9].

In statistical texture analysis in two-dimensional data, computation is performed by taking into account the distribution density of the data. GLCM derives second order statistical features from two-dimensional data. Another alternative texture analysis method is GLRLM which evaluates similarities of each data in certain direction [10]. SVM was preferred for analysis and classification of features. SVM has gained popularity due to its ability to classify noisy and high dimensional data. SVM is a statistical classification method developed for classification and regression analysis. The background of SVM is basically to distinguish between the two classes of data in an optimal way. In classification process, the most suitable hyper plane line is found by using the training data. Then, classification is made according to which side of the test data is located on the boundary line. In order to find the most suitable hyperplane line, two plane lines forming the boundaries and parallel to the hyperplane are determined [11].

3. Results and Discussion

Classification process has been implemented by using two different concepts within the scope of the proposed framework. Six different classification metrics have been selected to evaluate the performance of classification processes using machine learning methods. These are sensitivity (SEN), specificity (SPE), accuracy (ACC), precision (PRE), F1-score and Matthews Correlation Coefficient (MCC).

$$Accuracy = (TP + TN) / (TP + FN + TN + FP) \tag{5}$$

$$Sensitivity = TP / (TP + FN) \tag{6}$$

$$\text{Specificity} = TN / (TN + FP) \tag{7}$$

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP) \tag{8}$$

$$\text{F1-Score} = (2 \times TP) / (2 \times TP + FN + FP) \tag{9}$$

$$\text{MCC} = \frac{TP \times TN - FP \times FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}} \tag{10}$$

Results for first and second part of proposed framework are given in Table 1 and Table 2. According to the results for the first part of the proposed framework, the highest performance was achieved with DWT + FOS + SVM method. The metric performance of this method is 96.96 ± 0.77% SEN, 98.43 ± 0.39% SPE, 97.29 ± 0.68% ACC, 97.68 ± 0.66% PRE, 97.29 ± 0.69% F1-Score and 95.86 ± 1.04% MCC. The lowest performance was shown by the FOS + SVM method with 74.64 ± 1.02% SEN, 87.64 ± 0.52% SPE, 78.69 ± 0.74% ACC, 80.12 ± 0.85% PRE, 76.03 ± 0.92% F1-Score and 65.80 ± 1.16% MCC. STFT + GLCM + SVM method achieved the highest performance within the scope of the proposed framework. The performance of this method is 97.47 ± 0.56% SEN, 98.67 ± 0.28% SPE, 97.48 ± 0.46% ACC, 97.42 ± 0.39% PRE, 97.44 ± 0.45% F1-Score and 96.11 ± 0.70% MCC.

Table 1. Performance for First Part of Proposed Framework

Methods	Evaluation Metrics (%)					
	SEN	SPE	ACC	PRE	F1-Score	MCC
FOS+SVM	74.64±1.02	87.64±0.52	78.69±0.74	80.12±0.85	76.03±0.92	65.80±1.16
FFT+FOS+SVM	80.01±1.51	90.42±0.71	82.82±1.32	82.75±1.72	80.88±1.55	72.28±2.23
DCT+FOS+SVM	81.43±1.15	91.07±0.55	83.98±1.05	84.07±1.34	82.33±1.14	74.26±1.71
DWT+FOS+SVM	96.96±0.77	98.43±0.39	97.29±0.68	97.68±0.66	97.29±0.69	95.86±1.04

Table 2. Performance for Second Part of Proposed Framework

Methods	Evaluation Metrics (%)					
	SEN	SPE	ACC	PRE	F1-Score	MCC
STFT+GLCM+SVM	97.47±0.56	98.67±0.28	97.48±0.46	97.42±0.39	97.44±0.45	96.11±0.70
STFT+GLRLM+SVM	70.57±1.52	86.01±0.82	75.63±1.43	75.48±1.87	70.99±1.68	59.92±2.49

4. Conclusions and Recommendations

In this study, a system for classification of radar-based grain surface is presented. Grain surface classification can be performed quickly and efficiently with the proposed method. The method proposed as a machine learning-based system can accurately classify the 3-D grain surface. In the literature, studies have been intensively focused on detection of grain amount than grain surface classification. Therefore, this problem remained unsolvable. This study showed that grain surface classification can be implemented with high performance. STFT + GLCM + SVM machine learning method showed the highest performance in accordance with obtained results. In future studies, performance can be increased by using deep learning methods.

4. Acknowledge

This work is supported by Karamanoglu Mehmetbey University, Projects of Scientific Investigation unit (grant numbers BAP 19-M-17 and BAP 22-M-18).

References

[1] H. Duysak and E. Yigit, "Machine learning based quantity measurement method for grain silos," *Measurement*, vol. 152, p. 107279, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107279>.

- [2] M. Vogt and M. Gerding, "Silo and Tank Vision: Applications, Challenges, and Technical Solutions for Radar Measurement of Liquids and Bulk Solids in Tanks and Silos," *IEEE Microwave Magazine*, vol. 18, no. 6, pp. 38–51, 2017, doi: 10.1109/MMM.2017.2711978.
- [3] A. P. Turner *et al.*, "Stored Grain Volume Measurement Using a Low Density Point Cloud," *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 33, no. 1, pp. 105–112, Jan. 2017, doi: 10.13031/aea.11870.
- [4] H. Duysak and E. Yiğit, "Level Measurement in Grain Silos with Extreme Learning Machine Algorithm," in *2019 Scientific Meeting on Electrical-Electronics & Biomedical Engineering and Computer Science (EBBT)*, 2019, pp. 1–4, doi: 10.1109/EBBT.2019.8742047.
- [5] E. Yigit, "A novel compressed sensing based quantity measurement method for grain silos," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 145, pp. 179–186, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.compag.2017.12.041.
- [6] Frigo, M. and S. G. Johnson, "FFTW: An Adaptive Software Architecture for the FFT," *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. 3, 1998, pp. 1381-1384. [6]. Rader, C. M., "Discrete Fourier Transforms when the Number of Data Samples Is Prime," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 56, June 1968, pp. 1107-1108.
- [7] Mei Jiansheng, Li Sukang. Tan Xiaomei, "A Digital Watermarking Algorithm Based On DCT and DWT", *Proceedings of the 2009 International Symposium on Web Information Systems and Applications (WISA'09) Nanchang, P. R. China, May 22-24, 2009*, pp. 104-107.
- [8] Nilanjan Dey, Tanmay Bhattacharya, S.R. Bhadra Chowdhury, "A Session based Multiple Image Hiding Technique using DWT and DCT", *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, Volume 38– No.5, January 2012.
- [9] Fu, B., Mettel, M. R., Kirchbuchner, F., Braun, A., & Kuijper, A. (2018, November). Surface Acoustic Arrays to Analyze Human Activities in Smart Environments. In *European Conference on Ambient Intelligence* (pp. 115-130). Springer, Cham.
- [10] R. M. Haralick, K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural features for image classification", *IEEE Trans. System Man. Cybernetics*, vol. SMC-3, pp. 610–621, 1973.
- [11] Rizk, Y., Mitri, N., & Awad, M. (2013, August). A local mixture based SVM for an efficient supervised binary classification. In *IJCNN* (pp. 1-8).



Küresel Grafitli Dökme Demirin Nodularite ve Küreselliğinin Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi

Ayşe Elif Canbilen¹, Battal Bura Ürküt^{2*}

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1891-5703)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2277-9169)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802698)

ATIF/REFERENCE: Canbilen, A.E. & Ürküt, B.B. (2020). Küresel Grafitli Dökme Demirin Nodularite ve Küreselliğinin Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 60-64.

Öz

Dökümhaneler, endüstrideki önemli parçaların üretimini sağlamaları sebebiyle toplumun en önemli faaliyet eksenlerinden biridir. Dökümhanelerde, farklı elementlerin eritilmesi ve belli oranlarda birleştirilmesiyle elde edilen eriyik malzemeler, çeşitli işlemlere tabi tutulmakta ve kalıplanarak istenen şekle getirilmektedir. Üretilen dökümler, otomotiv ve silah sektörü, havacılık ve denizcilik endüstrisi gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kullanıcıların ihtiyacına göre farklı özelliklerde üretilen dökme demirlerin kalite ve standardizasyon işlemlerinin sanayide mühendisler tarafından manuel olarak gerçekleştirilmesi ciddi iş gücü, zaman ve maliyet kayıplarına sebep olmaktadır.

Günümüzde hızla ilerleyen teknoloji, kullanıcıların ihtiyaçlarını her geçen gün daha da çeşitlendirmektedir. Bu noktada kalite süreçlerinin hızlandırılması, devamındaki bütün süreçleri hızlandırmakla kalmayacak; iş gücü, zaman ve maliyet kaybını da minimum seviyeye indirecektir. Bu durum göz önünde bulundurularak, bu çalışmada; küresel grafitli dökme demirin nodularite ve küresellik değerleri baz alınarak bilgisayar destekli bir sistem geliştirilmiştir. Bunun için, Konya Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren bir döküm fabrikasında çeşitli kalitelere üretilen küresel grafitli dökme demir parçalarına ait 30 adet mikroskop görüntüsü kullanılmıştır. Temelde görüntü işleme metodlarından yararlanarak mikroskop görüntüleri segmente edilmiş, daha sonra mikro yapıdaki nodüllerin yeri, sayısı ve şekillerinin küreselliği hesaplanmıştır. Bu sayede küresel grafitli dökme demir parçalarının bilgisayar ortamında incelenmesi mümkün olmuş ve kalitelerinin otomatik olarak belirlenmesi adına bir ön çalışma ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen simülasyonlar, görüntü işleme metodları ile mikroyapıların küresellik değerinin nicel olarak ortaya konabileceğini ve %95,45'lik doğruluk oranı ile nodül sayısının belirlenebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Kalite, Küresel Grafitli Dökme Demir, Küresellik, Nodularite, Segmentasyon.

Determining the Nodularity and Sphericity of Ductile Cast Iron by Using Image Processing Methods

Abstract

Foundries are one of the most important segments of the society, since they provide the production of important components in industry. In foundries, the molten materials obtained by melting different elements and combining them in some certain proportions, are subject to various procedures, and are given the desired shape by molding. The produced castings are used in many different areas such as automotive and weapon sector, aviation and maritime industry, and so on. Meanwhile, manually realizing the quality and

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2277-9169, f171202059@ktun.edu.tr

standardization procedures of the manufactured cast irons that have different properties based on the user requirements, by the engineers in industry causes serious loss of labor, time and cost.

Nowadays, the fast-growing technology diversifies the needs of users day by day. At this point, accelerating the quality process not only expedites all the following processes but also minimizes the loss of labor, time and cost. Considering this, a computer-aided system based on the nodularity and sphericity values of ductile cast iron is developed in this study. Therefore, 30 microscopic images of varying quality ductile cast iron samples, which were produced in a Casting Factory being operated in Konya Organized Industrial Zone, is utilized. Specifically, the microscopic images are segmented by using image processing methods, and then the location and number of the nodules in micro-structures and sphericity of their shapes are calculated. Hence, it has been possible to analyze the ductile cast iron samples in computer environment, and a preliminary study has been presented to detect their qualities automatically. The realized simulations show that sphericity value of the micro-structures can be presented quantitatively with image processing techniques, and number of the nodules can be detected with the accuracy rate of 95,45%.

Keywords: Image Processing, Quality, Ductile Cast Iron, Sphericity, Nodularity, Segmentation.

1. Giriş

Doğadaki yenilenemez ham madde kaynaklarının, tüketim hızındaki eksponansiyel artış nedeniyle gitgide azalması, mevcut ham maddelerin doğru ve verimli bir şekilde kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bunun için ham maddelerin ve bunlardan elde edilen ürünlerin yapısına ve kalitesine göre sınıflandırılması ve optimum fayda sağlanacak biçimde kullanılması gerekmektedir. Bu sınıflandırma günümüzde hala birçok üretim tesisinde insanlar tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Ancak insan gözünün duyarlılığı, yorulma payı gibi faktörler sınıflandırmanın tam verimle ve hatasız bir biçimde gerçekleşmesini engellemektedir.

Öte yandan, olası hataların minimum seviyeye indirilmesi oldukça önemlidir. Aksi takdirde ham madde israfı, tüm proseslerin yeni baştan tekrarı gibi maddi ve manevi kayıplar kaçınılmaz olacaktır [1]. Bu bağlamda, insan gücü yerine görüntü işleme uygulamaları kullanılarak manuel sistemlerdeki hataların oldukça azaltılması ve işlem süresinin kısaltılması mümkündür. Oldukça esnek ve geniş bir kullanım alanına sahip olan bu uygulamalar günümüzde faaliyet gösteren hemen hemen bütün sektörlerde uygulanabilmektedir.

Döküm sektörüne bakıldığında en yüksek tonaja sahip ürünün dökme demirler olduğu görülmektedir. Döküm endüstrisinde bu denli büyük bir satış payına sahip olmalarının başlıca sebepleri, iyi bir mühendislik malzemesi olmaları ve düşük maliyetle üretilmeleridir. Uygun alaşımlandırma ve ısıl işlemlerle dökme demirin özelliklerini çok geniş bir aralıkta değiştirmek mümkündür. Çeliklerle karşılaştırıldığında %20-%40 oranında daha ucuza mal edilebilmelerinin yanında daha iyi titreşim söndürme ve katılma sırasında daha az hacim daralmasına uğrama gibi bazı önemli avantajlara da sahiptirler [2].

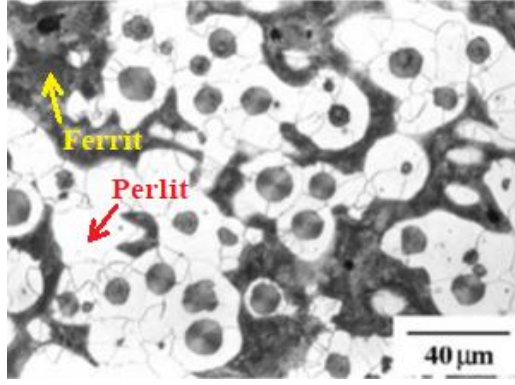
Başlıca dökme demir türleri beyaz, gri, temper ve küresel grafitli dökme demir olmak üzere dört ana sınıfta incelenebilir. Bu türler; dökülebilirlik, işlenebilirlik, güvenilirlik, titreşim söndürme kabiliyeti, aşınma ve korozyon direnci, üretim maliyeti gibi birçok açıdan farklılıklar göstermektedir. Dökme demirlerin mekanik özelliklerini etkileyen faktörler sertlik, çekme, charpy darbe ve yorulma deneyleri yapılarak ölçülmektedir [3] ve bu faktörler döküm profili boyutuna, mikroyapıya ve alaşım elementlerinin oranına göre değişmektedir.

Nodüller, sfero ve düktül demir gibi isimlerle de anılan küresel grafitli dökme demirlerde mikroyapı küreselliğinin yanı sıra grafit sayısının da çekme mukavemeti, süneklik ve işlenebilirlik gibi mekanik özellikleri etkilediği bilinmektedir [3]. Küresel grafit/nodül sayısı arttıkça daha düzgün ve homojen bir mikroyapı oluşmakta; bu durum karbür, perlit veya yapısı bozulmuş grafitlere sebep olabilecek elementlerin segregasyonunu azaltmaktadır [3]. Bunun yanında, nodül sayısı arttıkça grafitlerin boyutu küçülmekte ve çekme, yorulma ve kırılma özellikleri gelişmektedir. Küresel grafit sayısını arttırmak için kullanılan aşılama yönteminin grafitlerin küreselliğini de artırdığı, yani küresel grafit sayısını arttırmanın küreselliği geliştirmekle bağlantılı olduğu bilinmektedir [4]. Normal şartlarda grafit sayısının fazla olması yüksek kaliteye işaret etse de farklı boyutlarda parçalar için optimum grafit sayısı aralıkları belirlenmekte ve bu aralıktan çıkılması mekanik özellikleri olumsuz etkileyebilmekte, kaliteyi düşürebilmektedir [4]. Ayrıca küresel grafit sayısındaki artış mikroyapıdaki ferrit/perlit oranını etkilemekte, sayı arttıkça perlit oranı azalmakta, bu azalmanın etkisiyle mukavemet düşerken sünekliğin arttığı gözlenmektedir [5,6]. Dökümhanelerde küreselliği arttırmak için uygulanan aşılama işleminden sonra, ferrit/perlit oranını belirlemek için dağlama işlemi de gerçekleştirilmektedir. Ancak dağlama işlemi nodüllerin gözle görülmesini zorlaştırdığından nodüllerin şekil ve sayısı ile ilgili manuel değerlendirme yapılmasını da zorlaştırmaktadır (Şekil-1).

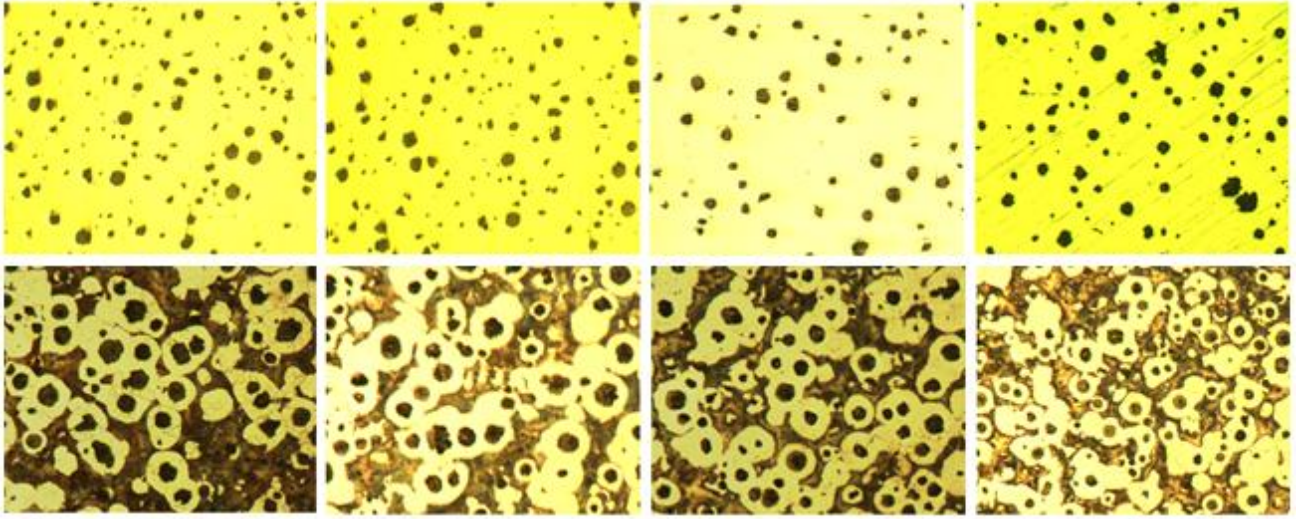
Bu çalışmada, tüm bu hususlar göz önünde bulundurularak, küresel grafitli dökme demirlerin içerdiği nodüllerin yer ve sayısı ile küreselliğinin otomatik olarak belirlenmesine odaklanılmıştır. Morfolojik görüntü işleme metotları ile bilgisayar destekli bir sistem geliştirilmiş ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada mikroskoptan elde edilen on beşi aşılama sonrası, on beşi dağlama sonrası olmak üzere toplamda otuz farklı küresel grafitli dökme demir parçasına ait mikroyapı görüntüsü kullanılmıştır. Bunlardan sekiz tanesi Şekil-2'de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 1. Küresel grafitli dökme demir (dağlanmış).



Şekil 2. Çalışmada kullanılan küresel grafitli dökme demir örneklerine ait mikroyapı görüntülerinden bazıları (ilk satır: aşılama sonrasında elde edilmiş görüntü örnekleri, ikinci satır: dağlama sonrasında elde edilmiş görüntü örnekleri).

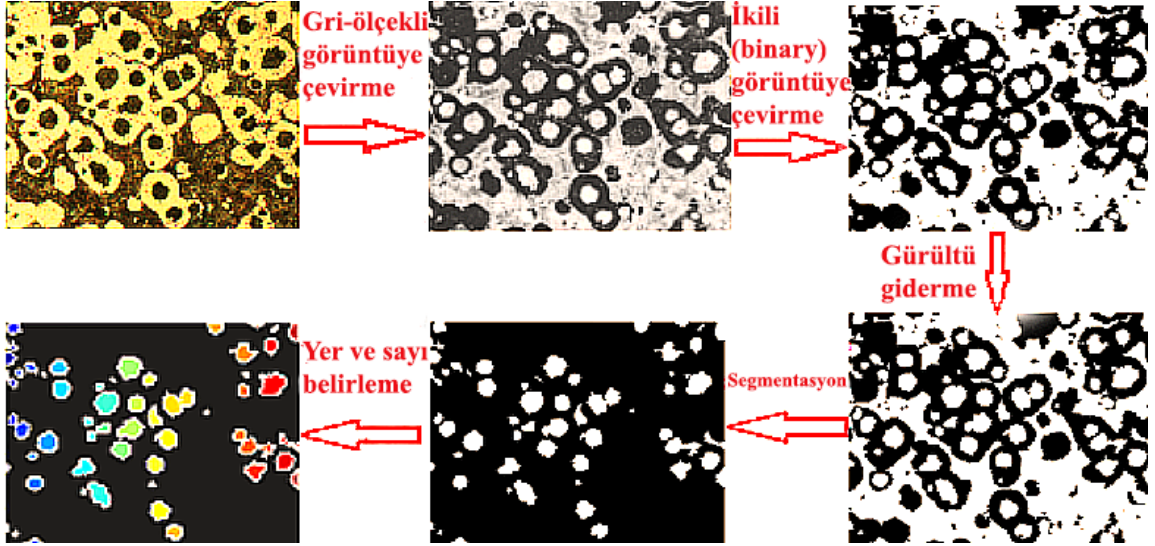
Küresel grafitlerin yerini belirlemek dağlama işlemi sonrasında zorlaştığından, manuel sistemlerde sayım işlemi genellikle aşılama malzeme üzerinden dağlama işlemi öncesinde yapılmaktadır. Bu çalışmada ise görüntü işleme yöntemleri kullanılarak oluşturulan sistem sayesinde dağlama sonrası görüntüler üzerinden de nodül sayımı yapılabilmektedir.

Bilgisayar destekli olarak geliştirilen otomatik sistemde nodül yeri ve sayısı ile küresellik oranını bulmak için gerçekleştirilen işlemler, bu bölümde alt başlıklar halinde sırayla sunulmuştur.

2.1. Nodül Yeri ve Sayısının Tespiti

Küresel grafitli dökme demirlere ait mikroskoptan alınan mikroyapı görüntüleri kullanılarak nodül yeri ve sayısının belirlenmesi için uygulanan işlemler Şekil.3' te verilmiştir. Buna göre sırasıyla;

1. Renkli mikroyapı görüntüleri önce gri-ölçekli görüntüye, daha sonra ikili (binary) görüntüye dönüştürülmüştür. Böylece yalnızca 0 ve 1 değerlerinden oluşan bir görüntü matrisi elde edilmiştir.
2. İkili görüntüden belli bir piksel değerinin altında büyüklüğe sahip olan nesnelere çıkarılmıştır. Böylece görüntü; toz, kir, iz, çizik gibi işe yaramayan kısımlardan temizlenerek gürültü giderme işlemi uygulanmış; ferritik ve perlitik bölgelerin netleştirilmesi ve nodüllerin daha belirgin hale getirilmesi sağlanmıştır.
3. Görüntü arka planında dağlama işlemi sonrasında oluşan ve nodül sayımını belirlemeyi zorlaştıran ferritik kısımlar yok edilerek yalnızca nodülleri içeren segmente edilmiş yeni bir görüntü elde edilmiştir.
4. Segmente edilmiş görüntü üzerindeki nodüller program yardımıyla sayılmış, toplam nodül sayısının yanında nodüllerin yerleri de renklendirilerek belirlenmiş ve kullanıcıya aktarılmıştır.



Şekil 3. Nodül yer ve sayısının belirlenmesi için uygulanan işlemler.

2.2. Küreselliğin Belirlenmesi

Mikroyapı görüntüleri kullanılarak yürütülen kalite proseslerinde mekanik özelliklerin belirlenmesi için gerekli olan bir diğer parametre ise küresel grafitli dökme demirin içerdiği nodüllerin küresellik oranıdır. Örneğin küresellik oranı %30 azaldığında, akma mukavemeti %10, çekme mukavemeti ise %15 oranında azalmaktadır. Yüksek küresellik oranı, yorulma özelliklerini de iyileştirmektedir [4,7].

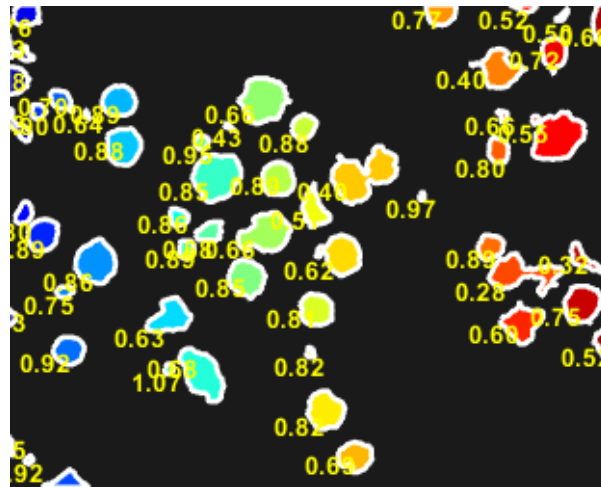
Bu sebeple, gerçekleştirilen çalışmanın önemli bir aşaması da küreselliğin belirlenmesidir. Her ne kadar küre şekil olarak üç boyut gerekirse de, grafitlerin küreselliği ile kastedilen, metalografik bir yüzeyde görülen kürelerin iki boyutlu kesitleridir [8]. Dolayısıyla görüntü üzerindeki grafitlerin daireye benzerlikleri hesaplanmaktadır.

Nodüllerin yeri ve sayısı tespit edildikten sonra küreselliğinin belirlenmesi için öncelikle her bir nodülün çevresi (l) ve alanı (S) hesaplanır. Küresellik oranı, nodüllerin çevre ve alan değerleri kullanılarak şu denklem ile bulunur:

$$\kappa = 4 * \pi * S / l^2. \quad (1)$$

Burada κ değeri 1'e yaklaştıkça küresellik oranı artarken, 0'a yaklaştıkça azalmaktadır.

Her bir nodüle ait küresellik değeri, görüntü üzerinde nodüllerin sol alt köşesinde kullanıcıya arayüz üzerinden sunulmaktadır. Bunun yanında tüm görüntüye ait ortalama küresellik değeri de hesaplanmaktadır. Nodüllerin küresellik oranları belirlendikten sonra elde edilen örnek bir görüntü Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 4. Küresellik oranları belirlendikten sonra kullanıcıya aktarılan örnek bir mikroyapı görüntüsü.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Gerçekleştirilen çalışmalarda on beş adet dağlama işlemi sonrası ve on beş adet aşılama işlemi sonrası olmak üzere küresel grafitli dökme demirlere ait iki farklı türde görüntü kümesi incelenmiştir. Tasarlanan arayüz üzerinden önce aşılama sonrası, ardından da dağlama sonrası görüntüler seçilerek nodularite hesaplanmıştır. Doğruluk oranının hesaplanabilmesi için, görüntüler üzerindeki nodüller manuel olarak da sayılmıştır. Görüntü işleme programıyla bulunan nodül sayısı manuel sayımla elde edilen gerçek nodül sayısına bölünerek doğruluk oranı hesaplanmıştır. Aşılama sonrası görüntülerin doğruluk oranı %95,37 olarak belirlenirken, dağlama işlemi sonrası görüntüler için bu oran %95,54 olarak bulunmuştur. Nodül sayılarının belirlenmesi işleminde iki farklı küme için toplamda ortalama doğruluk değeri ise %95,45'tir.

Bilgisayar tarafından görüntü işleme metotları ile gerçekleştirilen nodül yeri ve sayısını belirleme işlem süresi (kullanılan işlemciye göre değişebilse de) ortalama olarak 0.45 saniye iken manuel sayım süresinin tam doğruluk için ortalama 300-350 saniye olduğu gözlemlenmiştir. Küreselliğin ise manuel olarak nicel bir şekilde belirlenmesi mümkün değilken, gerçekleştirilen yazılım sayesinde 0,65 saniyede işlem tamamlanabilmektedir.

Bu çalışma, küresel grafitli dökme demirlerin nodül sayısı ve küreselliğinin hesaplanmasında bilgisayar destekli bir sistemin kullanılması ve görüntü işleme tabanlı yöntemlerden yararlanması yönüyle özgün değer taşımaktadır. Literatürde bu tarz başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Elde edilen bulgular, doğruluk payı göz önüne alındığında görüntü işleme yöntemleri ile gerçekleştirilen inceleme ve nodül sayımının oldukça başarılı olduğunu ortaya koymuştur. İşlem süresi göz önüne alındığında ise nodularite tespitinde manuel sistemlerin yerine bilgisayar destekli sistemlerin kullanılması ile çok ciddi bir zaman tasarrufu sağlanacağı açıktır.

Dağlama işlemi sonrasında mikroyapının ferrit/perlit oranının belirlenmesi de kalite proseslerinde sıklıkla kullanıldığından, bir sonraki aşamada bu oranın tespitini de içeren daha kapsamlı çalışmaların yapılması planlanmaktadır. Ayrıca yapay zeka yöntemleri ile dökme demirlerin mikroyapı görüntüleri kullanılarak tamamen otomatik bir şekilde kalitelere göre sınıflandırılması da düşünülmektedir. Benzer şekilde diğer dökme demir türleri için de kalite süreçlerinin hızlandırılması mümkündür.

4. Sonuç

Bu bildiride, küresel grafitli dökme demirlerin bilgisayar destekli bir sistemle kalitesinin belirlenmesine yönelik bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunun için Konya Organize Sanayi bölgesinde faaliyet göstermekte olan bir demir döküm fabrikasından elde edilen küresel grafitli dökme demirlere ait otuz adet görüntünün mikroyapıları incelenmiş ve görüntü işleme metotları ile %95,45 doğrulukla nodularite hesaplanmıştır.

Ayrıca bu çalışma ile, döküm fabrikalarında mikroskop görüntülerinden tamamen tecrübeye dayalı varsayımlarla tahmini olarak belirlenen küresellik oranının, mikroyapı görüntüleri üzerinden bilgisayar ortamında nicel olarak hesaplanması sağlanmıştır.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan mikroyapı görüntülerinin teminini sağlayan Canbilenler Döküm Mak. San. Tic. Ltd. Şti.'ye ve konu ile ilgili bilgi ve tecrübelerini paylaşan Metalurji ve Malzeme Mühendisi Ali Rıza Canbilen'e teşekkür eder.

Kaynakça

- [1] Kopardaker P., Mital A. ve Anand S., (1993). Integrated Manufacturing Systems, vol.4, no. 1, 18-29.
- [2] Bubenko, L., Konecna, R. ve Nicoletto, G., (2009). Observation of fatigue crack paths in nodular cast iron and ADI microstructures, Materials Engineering, 16, 13-18, Slovakia.
- [3] Demirek M., (2013). Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Yüksek Çevrimli Yorulma Davranışına Silisyum Oranının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Swain, S. K., (2008). Effect of Chemistry and Processing Variables on the Mechanical Properties of Thin-wall Ductile iron castings, Yüksek Lisans Tezi, National Technology of University, Rourkela.
- [5] Khalil-Allafi, J. ve Amin-Ahmadi, B., (2011). Influence of mold preheating and silicon content on microstructure and casting properties of ductile iron in permanent mold, Journal of iron and steel research, International, 18,34-39, Tahrán.
- [6] Shinde, V. D., Ravi, B. ve Narasimhan, K., (2012). Solidification Behaviour and mechanical Properties of ductile Iron castings and varying thickness, International Journal of Cast Metals Research, 25, 364-373, India.
- [7] Olsson, A., (2011.). Fatigue strength of truck components in cast iron, Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- [8] Çetin A., (2016). El Kitabı 02: Küresel Grafitli Dökme Demir, Türkiye.



KÇ3B-ESA: Hiperspektral Görüntü Sınıflandırması için Yeni 3B Evrişimli Sinir Ağı ve Uzaktan Algılama Uygulaması

Mücahit Cihan^{1*}, Murat Ceylan²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1426-319X)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6503-9668)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802890)

ATIF/REFERENCE: Cihan, M. & Ceylan, M. (2020). KÇ3B-ESA: Hiperspektral Görüntü Sınıflandırması için Yeni 3B Evrişimli Sinir Ağı ve Uzaktan Algılama Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 65-71.

Öz

Hiperspektral Görüntüleme (HSG) uzamsal ve spektral bilgiyi içeren yüzlerce banttan oluşur. HSG verileri sınıflandırılırken uzamsal özelliklerin yanında spektral özelliklerinde elde edilmesi büyük önem taşır. Bu çalışmada hem uzamsal hem de spektral bilgilerin elde edilmesi için yeni bir derin öğrenme modeli önerilmiştir. Öncelikle, HSG verilerinin boyutlarının büyük olmasından dolayı tüm verilere Temel Bileşen Analizi (TBA) uygulanarak uzamsal boyut değişmeyecek şekilde spektral boyut küçültülmüştür. Daha sonra yeni bir yöntem olan, HSG verilerinin sınıflandırıldığı çalışmalarda yer alan, Komşuluk Çıkarımı (KÇ) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile tüm pikselleri tarayacak şekilde mini küpler oluşturularak örnek sayısı artırılmıştır. Son olarak oluşturulan bu küpler 3B konvolüsyon katmanlarının bulunduğu 3B-Evrişimli Sinir Ağı (3B-ESA) modeli ile eğitilmiştir. Bu sayede daha anlamlı özelliklerin elde edilmesi sağlanmıştır. Önerilen modeli test etmek için Indian Pines (IP), Salinas Scene (SA) ve Pavia University (PU) uzaktan algılama veri setleri kullanılarak HSG sınıflandırma deneyleri yürütülmüştür. Yürütülen bu deneyler sonucunda tüm veri setleri için genel doğruluk (GD), kappa katsayısı (KC) ve ortalama doğruluk (OD) değerleri hesaplanarak sınıflandırma performansı değerlendirilmiştir. Sınıflandırma işlemi sonucunda IP veri seti için %99.10 GD, %98.97 KC, %96.23 OD; SA veri seti için %100 GD, %100 KC, %100 OD; ve son olarak PU veri seti için %99.90 GD, %99.87 KC, %99.67 OD doğruluk oranları elde edilmiştir. Daha sonra bu sonuçlar gelişmiş derin öğrenme tabanlı metotlarla karşılaştırılarak, önerilen KÇ3B-ESA modelinin çok daha iyi bir performans gösterdiği kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hiperspektral Görüntü Sınıflandırma, Derin Öğrenme, 3B-ESA, Komşuluk Çıkarımı, Uzamsal-spektral Özellikler, KÇ3B-ESA.

NE3D-CNN: A New 3D Convolutional Neural Network for Hyperspectral Image Classification and Remote Sensing Application

Abstract

Hyperspectral Imaging (HSI) consists of hundreds of bands containing spatial and spectral information. When classifying HSI data, it is of great importance to obtain spectral features as well as spatial features. In this study, a new deep learning model is proposed to obtain both spatial and spectral information. First of all, due to the large size of HSI data, Principal Component Analysis (PCA) was applied to all data and the spectral size was reduced so that the spatial dimension would not change. Then, Neighbourhood Extraction (NE) method, which is a new method used in studies in which HSI data were classified, was used. With the method, the number of samples was increased by creating mini cubes to scan all pixels. Finally, the cubes were trained with the 3D-Convolutional Neural

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-1426-319X, mcihan@ktun.edu.tr

Network (3D-CNN) model, which has 3D convolution layers. In this way, more meaningful features were obtained. HSI classification experiments were conducted using Indian Pines (IP), Salinas Scene (SA) and Pavia University (PU) remote sensing datasets to test the proposed model. As a result of the experiments, the classification performance was evaluated by calculating the overall accuracy (OA), kappa coefficient (KC) and average accuracy (AA) values for all data sets. At the end of the classification process, accuracy rates of 99.10% OA, 98.97% KC, 96.23% AA for the IP data set, 100% OA, 100% KC, 100% AA for SA data set, and finally 99.90% OA, 99.87% KC, 99.67% AA for the PU data set were obtained. Later, by comparing the results with state-of-the-art deep learning-based methods, it has been proven that the proposed NE3D-CNN model gives a much better performance.

Keywords: Hyperspectral Image Classification, Deep Learning, 3D-CNN, Neighborhood Extraction, Spatial-spectral Features, NE3D-CNN.

1. Giriş

Hiperspektral Görüntüleme (HSG), yüzey materyallerinden yansıyan enerjinin, dar ve bitişik çok sayıda dalga boyu bandında ölçümüdür. Hiperspektral sensörler kullanılarak elde edilen veriler ilk iki boyut uzamsal üçüncü boyut spektral bilgiyi içeren hacimsel verilerdir. Ayrıca her bir piksel yüksek boyutlu vektörlerden oluşmaktadır. Elektromanyetik spektrum bandında hem görünür hem de kızılötesi bölgesinde birçok dalga boyunda görüntüler edebilen HSG, daha az sayıda görüntüler elde edebilen multispektral görüntülemeye göre daha anlamlı özellikler içermektedir. Bu özellikler farklı nesnelere tespit etmede yardımcı olabilir. HSG kullanılarak nesnelere tespiti ve sınıflandırılması gibi son zamanlardaki yapılan çalışmalar, bağlamsal özelliklerin büyük avantajlar sağlayabileceğini göstermiştir (Lee ve Kwon, 2016; Chu ve ark., 2018).

HSG verilerinin etkili ve doğru bir şekilde sınıflandırılması için farklı algoritmalar sıklıkla kullanılmıştır. Melgani ve Buruzzone (2004), çok sınıflı problemleri çözmek için Destek Vektör Makinesi (DVM) algoritmasını kullanmışlardır. Camps-Valls ve Buruzzone (2005), kernel tabanlı metotlar kullanarak DVM algoritması ile hiperspektral verileri sınıflandırmışlardır. Ayrıca farklı algoritmalar kullanılarak HSG verilerinin sınıflandırıldığı birçok çalışma mevcuttur. Örneğin; Rastgele Orman (RO) (Ham ve ark., 2005; Lawrence ve ark., 2006), K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbors, KNN) (Ma ve ark., 2010; Huang ve ark., 2016) vb. gibi. Ama bu yöntemler kullanıldığında, özellik çıkarma işlemi uzun sürmekte ve önemli özelliklerin kaybedilmesi mümkün olmaktadır.

Derin öğrenme metotlarından birisi olan Evrişimli Sinir Ağı (ESA) nesne algılama (Ren ve ark., 2015), görüntü sınıflandırma (Wang ve ark., 2016), derinlik tahmini (Liu ve ark., 2015), anlamsal bölümlenme (Gidaris ve Komodakis, 2015), cilt kanseri sınıflandırması (Saba ve ark., 2019) gibi alanlarda yüksek başarımlara sahiptir. Bunun sebebi, ESA'nın çok fazla ön işleme olmadan ağda bulunan gizli katmanlar ile özellikleri çıkarabilmesidir. Son yıllarda, bazı araştırmacılar hiperspektral verileri sınıflandırmak için farklı teknikler kullanmışlardır. Zhao ve Du (2016), HSG sınıflandırma için boyut indirgeme ve derin öğrenme teknikleri ile uzamsal-spektral özellikleri çıkarmışlardır. Li ve ark. (2017), uzamsal özellikleri geliştirmek için derin ESA tabanlı HSG yeniden yapılanma modeli geliştirmişlerdir. Bir başka çalışmada Zhong ve ark. (2017), HSG sınıflandırma için uzamsal-spektral residual network (SSRN) amaçlamışlardır. Bu çalışmada residual bloklar her 3B konvolüsyon katmanını bağlamak için kimlik eşleme yöntemini kullanırlar. Bu çalışmalara ilave olarak Cihan (2020), hiperspektral görüntüleme yöntemi ile yeni doğan sağlık durumlarını tespit etmek için komşuluk çıkarımı yöntemi ve 3B-ESA modelini kullanarak yüksek başarımlar elde etmiştir.

HSG verilerinin sınıflandırılmasında 2B-ESA kullanıldığında sadece uzamsal özellikler elde edilir. HSG verileri 3 boyutlu hacimsel veriler olduğu için hem uzamsal hem de spektral özelliklerin elde edilmesi gerekir (Roy ve ark., 2019). Bu özellikler 3 boyutlu konvolüsyon katmanları kullanılarak sağlanabilir. Ayrıca hiperspektral veriler için komşu pikseller büyük önem taşımaktadır. Bu nedenlerden dolayı makalede hem uzamsal hem de spektral özelliklerin elde edilmesi için 3B-ESA kullanılmıştır. Ayrıca HSG sınıflandırılmasında yeni bir yöntem olan komşuluk çıkarımı yöntemi kullanılarak komşu piksellerde içerecek şekilde mini küpler oluşturulmuştur. Bu sayede daha çok örnek kullanılarak sınıflandırılma performansının artması sağlanmıştır. Sınıflandırma performansını değerlendirmek için Indian Pines (IP), Salinas scene (SA) ve Pavia University (PU) gibi üç uzaktan algılama veriseti kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi sonucunda önerilen KÇ3B-ESA modeli ile yüksek başarımlar elde edilmiştir.

2. Önerilen KÇ3B-ESA Modeli

Şekil 1, HSG sınıflandırma için önerilen KÇ3B-ESA modelini göstermektedir. Giriş verilerinin boyutu $W \times H \times D$ 'dir. Burada W ve H uzamsal boyutu, D ise spektral boyutu ifade etmektedir. Görüntünün içerisindeki her bir piksel D boyutunda vektörlerden oluşmaktadır. Hiperspektral verilerin boyutunun büyük olmasından dolayı hem hesaplama maliyetinden kurtulmak hem de daha anlamlı bantların kullanılmasını sağlamak için giriş verilerine Temel Bileşen Analizi (TBA) uygulanmıştır. TBA uygulandıktan sonra uzamsal boyut değişmeyecek şekilde spektral boyut P 'ye indirgenmiştir. Bu aşamada hacimsel verinin boyutu $W \times H \times P$ 'dir. Burada W ve H uzamsal boyutu ve P spektral bant sayısını ifade etmektedir.

Daha sonra Komşuluk çıkarımı yöntemini uygulamak için tüm pikseller ayrı ayrı orta nokta olacak şekilde mini küpler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu küplere etiket değeri olarak orta noktada bulunan gerçek etiket değerleri atanmıştır. Mini küplerin uzamsal boyutu $K \times K$ olarak belirlenmiş ve tüm P boyutundaki spektral bantlar kullanılmıştır. Komşuluk çıkarımı yönteminde amaç tüm pikselleri taramak olduğu için sıfır ekleme işlemi yapılarak ana çerçeve genişletilmiştir. $K \times K \times P$ boyutunda toplamda $W \times H$ tane mini küp oluşturulmuştur.

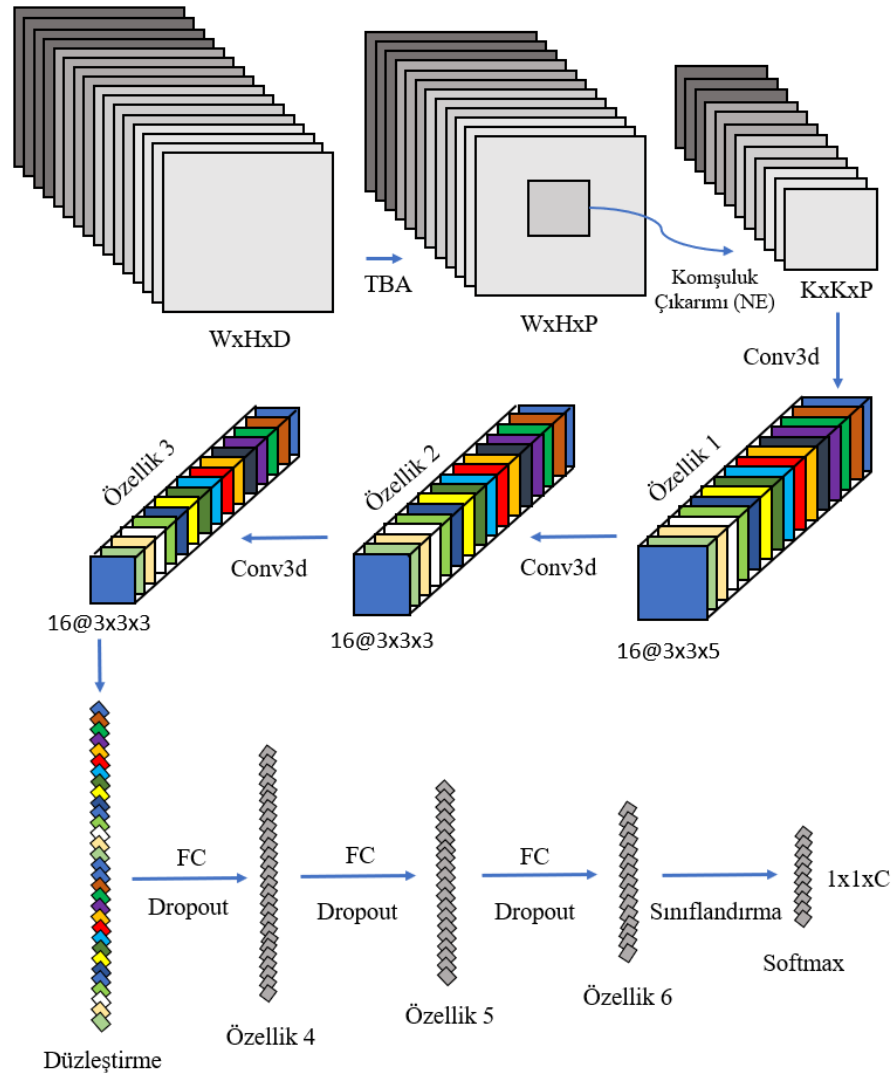
3B verilere 3B kernel kullanarak 3B konvolüsyon işlemi uygulanmıştır. HSG verileri için önerilen modelde konvolüsyon katmanının özellik haritaları, giriş katmanındaki birden fazla bitişik bant üzerinde 3B kernel kullanılarak oluşturulmuştur. Bu durum

spektral bilginin yakalanmasını sağlamıştır. 3 boyutlu konvolüsyon işleminin matematiksel karşılığı aşağıda Eşitlik (1)'de gösterilmiştir.

$$v_{ij}^{xyz} = f(r_{ij} + \sum_{m=0}^{M_i-1} \sum_{b=0}^{B_i-1} \sum_{h=0}^{H_i-1} \sum_{w=0}^{W_i-1} k_{ijm}^{hwb} v_{(i-1)m}^{(x+h)(y+w)(z+b)}) \quad (1)$$

Burada v , özellik haritasındaki çıktı değişkenini ifade eder. B, H, W verinin sırasıyla spektral ve uzamsal boyutlar boyunca filtrenin boyutunu temsil eder. (b, h, w) filtre endeksleridir ve z, x, y sırasıyla 2 uzamsal 1 spektral boyuta karşılık gelen özellik haritasının dizinleridir. k , filtre parametreleri anlamına gelir. (i, j, m) sırasıyla giriş katmanı, çıkış katmanı ve özellik haritasının dizinleridir. M , özellik haritalarının sayısıdır, dolayısıyla M_i , i . katmanındaki özellik haritalarının sayısı anlamına gelir. r , bias terimidir.

ESA parametreleri (k, r) genellikle dereceli alçalma optimizasyon teknikleri ile denetimli yaklaşımlar kullanılarak eğitilir (Krizhevsky ve ark., 2012). 3B-ESA kullanılarak verilerden hem uzamsal hem de spektral özellikler elde edilir. Biz 3B-ESA ve komşuluk çıkarımı yöntemini kullanarak HSG verilerinin sınıflandırılması için KÇ3B-ESA adında, özellik öğrenme modeli geliştirdik.



Şekil 1. Önerilen KÇ3B-ESA modeli

KÇ3B-ESA modeli 3 adet konvolüsyon katmanı içermektedir. Toplamda 3 adet konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. İlk konvolüsyon katmanında; 3x3x5 boyutunda 16 filtre, ikinci konvolüsyon katmanında; 3x3x3 boyutunda 16 filtre ve son olarak üçüncü konvolüsyon katmanında; 3x3x3 boyutunda 16 filtre kullanılarak özellik haritaları çıkarılmıştır. Daha sonra tam bağlı katmanlara (FC) girdi olarak verilmek üzere, veriler bir boyutlu tensörlere dönüştürülerek düzleştirme işlemi yapılmıştır. Düzleştirme işleminden sonra eklenen ilk ağ katmanı 128, ikincisi 64, üçüncüsü 32 nöron içermekte ve çıkış ağ katmanını sınıf sayısını belirten C nöron içermektedir. Tüm tam bağlı ağ katmanlarından sonra unutturma katmanları (dropout) kullanılmıştır. Unutturma değerleri 0.4 olarak belirlenmiştir. Tüm ağırlıklar rastgele bir şekilde başlatılmış ve softmax (Liu ve ark., 2016) aktivasyon fonksiyonu kullanarak Adam en iyileyici

(Kingma ve Ba, 2014) ile geri yayılım algoritması kullanılarak eğitilmiştir. *Batch_size* 128 olarak belirlenmiş ve ağ veri artırımı olmadan 100 *epoch*'ta eğitilmiştir.

3. Deneyler ve Tartışma

3.1. Veriseti Tanımı ve Ağın Eğitimi

Bu çalışmada Indian Pines (IP), Salinas Scene (SA) ve Pavia University (PU) olarak isimlendirilen üç popüler uzaktan algılama HSG veri seti kullanılmıştır. IP veriseti 400-2500 nm dalga boyu aralığında 145x145 uzamsal boyutunda 224 spektral bant içermektedir. Toplam 16 sınıfa ait bitki türü bulunmaktadır (Tablo 1). SA veriseti 360-2500 nm dalga boyu aralığında 512x217 uzamsal boyutunda 224 spektral bant içermektedir. Toplam 16 farklı sınıfa ait bitki türü bulunmaktadır (Tablo 2). PU veriseti 430-860 nm dalga boyu aralığında 610x340 uzamsal boyutunda 103 spektral bant içermektedir. Toplam 9 farklı sınıfa ait arazi türü bulunmaktadır (Tablo 3).

Tüm deneysel çalışmalar MATLAB ve Python kullanılarak NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti GPU üzerinde, 64 GB RAM'e sahip olan bir iş istasyonunda yürütülmüştür. Öğrenme oranı başlangıçta 0.001 olarak seçilmiştir. Tüm veri setlerinde mini küplerin uzamsal boyutu 19 olarak belirlenmiştir. Spektral boyut ise tüm veri setleri için 25 olarak seçilmiştir. Sonuç olarak veri setleri için tüm mini küpler 19x19x25 boyutundadır.

Tablo 1. Indian Pines için arazi doğrulama sınıfları ve örnek sayıları

No	Sınıf	Örnek Sayısı
1	Brocoli_green_weeds_1	2009
2	Brocoli_green_weeds_2	3726
3	Fallow	1976
4	Fallow_rough_plow	1394
5	Fallow_smooth	2678
6	Stubble	3959
7	Celery	3579
8	Grapes_untrained	11271
9	Soil_vinyard_develop	6203
10	Corn_senesced_green_weeds	3278
11	Lettuce_romaine_4wk	1068
12	Lettuce_romaine_5wk	1927
13	Lettuce_romaine_6wk	916
14	Lettuce_romaine_7wk	1070
15	Vinyard_untrained	7268
16	Vinyard_vertical_trellis	1807

Tablo 2. Salinas Scene için arazi doğrulama sınıfları ve örnek sayıları

No	Sınıf	Örnek Sayısı
1	Alfalfa	46
2	Corn-notill	1428
3	Corn-mintill	830
4	Corn	237
5	Grass-pasture	483
6	Grass-trees	730
7	Grass-pasture-mowed	28
8	Hay-windrowed	478
9	Oats	20
10	Soybean-notill	972
11	Soybean-mintill	2455
12	Soybean-clean	593
13	Wheat	205
14	Woods	1265
15	Buildings-Grass-Trees-Drives	386
16	Stone-Steel-Towers	93

Tablo 3. Pavia University için arazi doğrulama sınıfları ve örnek sayıları

No	Sınıf	Örnek Sayısı
1	Asphalt	6631
2	Meadows	18649
3	Gravel	2099
4	Trees	3064
5	Painted metal sheets	1345
6	Bare Soil	5029
7	Bitumen	1330
8	Self-Blocking Bricks	3682
9	Shadows	947

3.2. Sınıflandırma Sonuçları

Bu çalışmada HSG sınıflandırma performansını değerlendirmek için Genel Doğruluk (GD), Kappa Katsayısı (KC) ve Ortalama Doğruluk (OD) kullanılmıştır. GD, toplam test örnekleri arasından doğru sınıflandırılmış örneklerin sayısını temsil eder; KC, arazi doğrulama haritası ile sınıflandırma haritası arasında bilgi sağlayan bir istatistiksel ölçüm tekniğidir; ve OD, sınıflandırma doğruluklarının ortalamasına karşılık gelir. Önerilen KÇ3B-ESA modeli DVM (Melgani ve Bruzzone, 2004), 2B-ESA (Makantasis ve

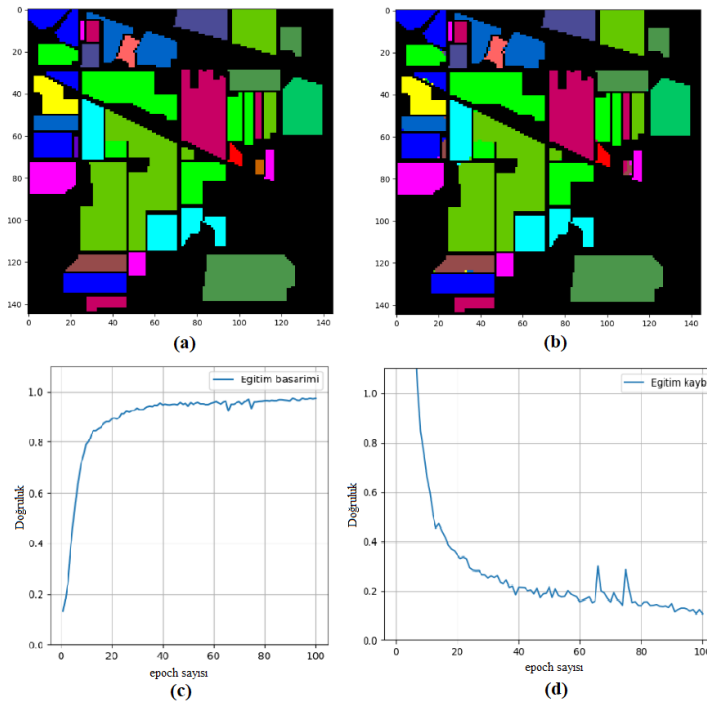
ark., 2015), 3B-ESA (Hamida ve ark., 2018) ve M3B-ESA (He ve ark., 2017) gibi diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Tüm veri setleri için veriler rastgele bir şekilde %20 eğitim %80 test olacak şekilde parçalanmıştır.

Tablo 4. KÇ3B-ESA ve gelişmiş yöntemlerin IP, PU ve SA veri setleri üzerindeki sınıflandırma doğrulukları (%)

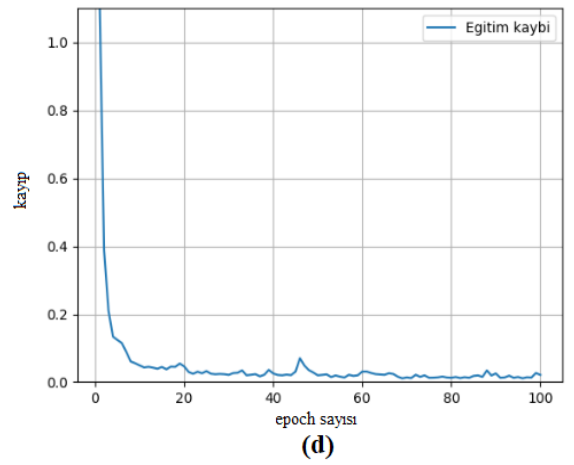
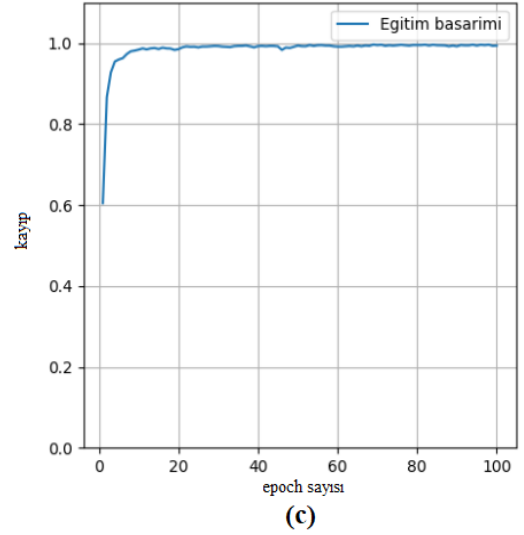
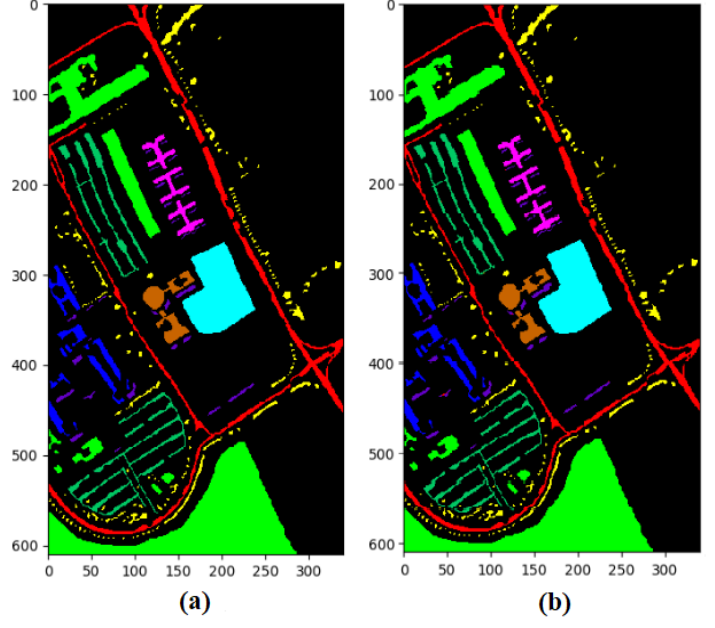
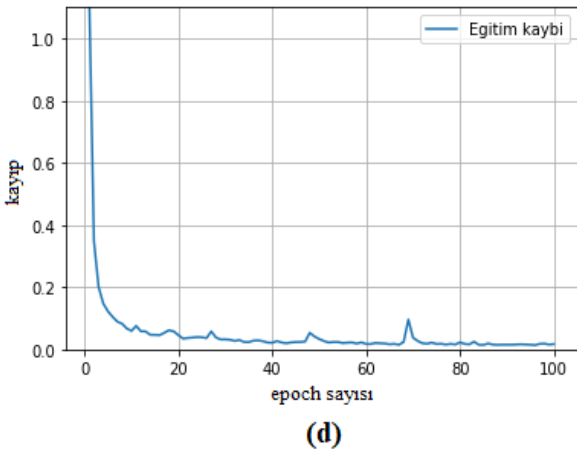
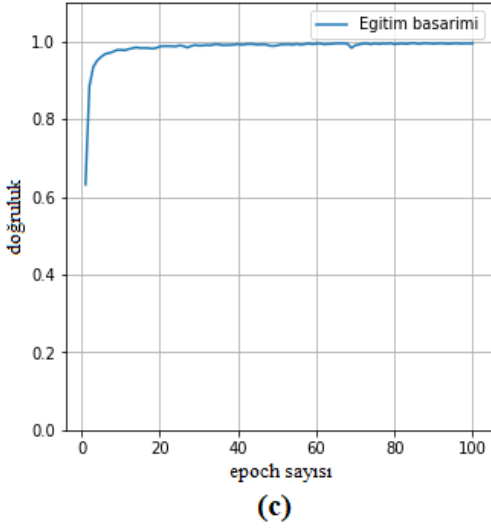
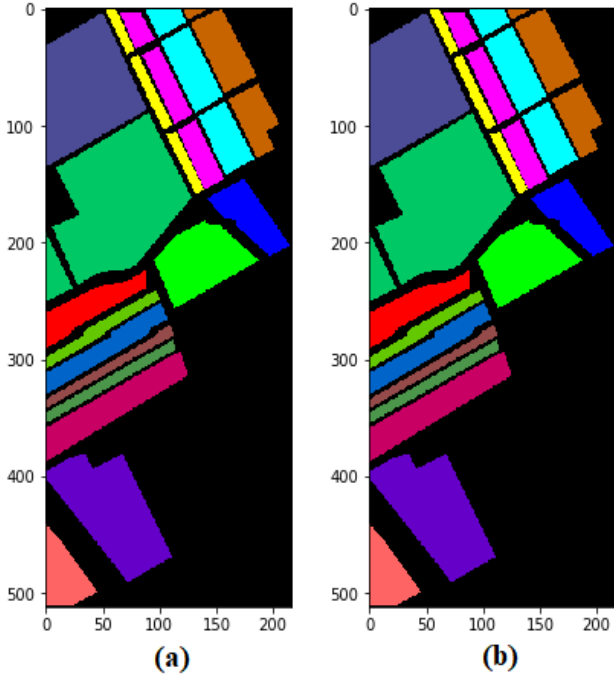
Metotlar	IP veriseti			SA veriseti			PU veriseti		
	GD	KC	OD	GD	KC	OD	GD	KC	OD
DVM	85.30	83.10	79.03	92.95	92.11	94.60	94.34	92.50	92.98
2B-ESA	89.48	87.96	86.14	97.38	97.08	98.84	97.86	97.16	96.55
3B-ESA	91.10	89.98	91.58	93.96	93.32	97.01	96.53	95.51	97.57
M3B-ESA	95.32	94.70	96.41	94.79	94.20	96.25	95.76	94.50	95.08
KÇ3B-ESA	99.10	98.97	96.23	100	100	100	99.90	99.87	99.67

Tablo 4 farklı metotlar için sınıflandırma sonuçlarını göstermektedir. Tabloda görüldüğü gibi tasarlanan KÇ3B-ESA modeli diğer yöntemlere göre daha iyi başarılar elde etmiştir. Bunun sebebi 3B konvolüsyon katmanlarının kullanılması ile hem spektral hem de uzamsal özelliklerinin elde edilmesinin yanı sıra komşuluk çıkarımı yöntemi ile örnekleme sayısının artırılarak daha fazla verinin kullanılmasıdır. SA veriseti incelendiğinde 2B-ESA yönteminde 3B-ESA yöntemine göre daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bunun sebebi bu veri setinde muhtemelen birçok spektral bantta benzer özelliklerin olduğudur. Bizim tasarladığımız KÇ3B-ESA modeli ile bu veri setinde tüm sınıflar doğru tahmin edilerek performans kriterleri %100 oranında elde edilmiştir.

Şekil 2’de IP veri setine ait şekiller verilmiştir. Şekil 2(a)’da arazi doğrulama haritası (gerçek sınıfların bulunduğu harita), Şekil 2(b)’de tahmin edilen sınıflandırma haritası ve Şekil 2(c-d)’ de ise eğitim ve doğrulama setleri için 100 epoch’ta doğruluk ve kayıp grafikleri verilmiştir. Bu veriseti için model, 100 epoch sonunda yaklaşık olarak %98 oranında eğitilmiştir. Ayrıca Şekil 3’te SA, Şekil 4’te ise PU veri seti için oluşturulmuş doğrulama haritası, tahmin edilen sınıflandırma haritası, eğitim doğruluğu ve eğitim kaybı grafikleri verilmiştir. Ayrıca bu iki veriseti için model, yaklaşık 20. epoch’tan sonra tam olarak eğitilmiştir. Tüm bu şekiller incelendiğinde önerilen KÇ3B-ESA modeli ile yüksek başarımlara ulaşıldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 2. Indian Pines, (a) arazi doğrulama haritası (b) tahmin edilen sınıflandırma haritası (c) eğitim başarımları (d) eğitim kaybı



Şekil 3. Salinas Scene, (a) arazi doğrulama haritası (b) tahmin edilen sınıflandırma haritası (c) eğitim başarımları (d) eğitim kaybı

Şekil 4. Pavia University, (a) arazi doğrulama haritası (b) tahmin edilen sınıflandırma haritası (c) eğitim başarımları (d) eğitim kaybı

4. Sonuç

Bu makalede HSG sınıflandırması için komşuluk çıkarımı ve 3B-ESA kullanılarak yeni bir model tanıtılmıştır. Önerilen 3B-ESA modeli ile hem uzamsal hem de spektral özelliklerin çıkarılması hedeflenmiştir. Ayrıca KÇ yöntemi ile tüm pikselleri tarayacak şekilde mini küpler oluşturularak örnek sayısının artırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak önerilen KÇ3B-ESA modeli ile üç farklı değerlendirme veraseti kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ede edilen sınıflandırma sonuçları diğer gelişmiş yöntemlerle kıyaslanarak önerilen modelin başarısı ispatlanmıştır. Ayrıca, çalışmada çok az eğitim verisi kullanılmasına rağmen yüksek doğrulukta başarımlar elde edilmiştir.

Kaynakça

- Camps-Valls, G., & Bruzzone, L. (2005). Kernel-based methods for hyperspectral image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(6), 1351-1362.
- Chu, W., & Cai, D. (2018). Deep feature based contextual model for object detection. *Neurocomputing*, 275, 1035-1042.
- Cihan, M. (2020). Hiperspektral Görüntüleme Yöntemi Kullanılarak Yenidoğan Sağlık Durumlarının Derin Öğrenme Metotları ile Sınıflandırılması. *Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi*, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.
- Gidaris, S., & Komodakis, N. (2015). Object detection via a multi-region and semantic segmentation-aware cnn model. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 1134-1142.
- Ham, J., Chen, Y., Crawford, M. M., & Ghosh, J. (2005). Investigation of the random forest framework for classification of hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(3), 492-501.
- Hamida, A. B., Benoit, A., Lambert, P., & Amar, C. B. (2018). 3-D deep learning approach for remote sensing image classification. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 56(8), 4420-4434.
- He, M., Li, B., & Chen, H. (2017). Multi-scale 3D deep convolutional neural network for hyperspectral image classification. In *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 3904-3908.
- Huang, K., Li, S., Kang, X., & Fang, L. (2016). Spectral-spatial hyperspectral image classification based on KNN. *Sensing and Imaging*, 17(1), 1.
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *ArXiv preprint arXiv:1412.6980*.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems*, 1097-1105.
- Lawrence, R. L., Wood, S. D., & Sheley, R. L. (2006). Mapping invasive plants using hyperspectral imagery and Breiman Cutler classifications (RandomForest). *Remote Sensing of Environment*, 100(3), 356-362.
- Lee, H., & Kwon, H. (2016). Contextual deep CNN based hyperspectral classification. In *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 3322-3325.
- Li, Y., Xie, W., & Li, H. (2017). Hyperspectral image reconstruction by deep convolutional neural network for classification. *Pattern Recognition*, 63, 371-383.
- Liu, F., Shen, C., & Lin, G. (2015). Deep convolutional neural fields for depth estimation from a single image. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 5162-5170.
- Liu, W., Wen, Y., Yu, Z., & Yang, M. (2016, June). Large-margin softmax loss for convolutional neural networks. In *ICML*, 2(3), 7.
- Ma, L., Crawford, M. M., & Tian, J. (2010). Local manifold learning-based k-nearest-neighbor for hyperspectral image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(11), 4099-4109.
- Makantasis, K., Karantzalos, K., Doulamis, A., & Doulamis, N. (2015). Deep supervised learning for hyperspectral data classification through convolutional neural networks. In *2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 4959-4962.
- Melgani, F., & Bruzzone, L. (2004). Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 42(8), 1778-1790.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. In *Advances in neural information processing systems*, 91-99.
- Roy, S. K., Krishna, G., Dubey, S. R., & Chaudhuri, B. B. (2019). HybridSN: Exploring 3-D-2-D CNN feature hierarchy for hyperspectral image classification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(2), 277-281.
- Saba, T., Khan, M. A., Rehman, A., & Marie-Sainte, S. L. (2019). Region extraction and classification of skin cancer: A heterogeneous framework of deep CNN features fusion and reduction. *Journal of medical systems*, 43(9), 289.
- Wang, J., Yang, Y., Mao, J., Huang, Z., Huang, C., & Xu, W. (2016). Cnn-rnn: A unified framework for multi-label image classification. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2285-2294.
- Zhao, W., & Du, S. (2016). Spectral-spatial feature extraction for hyperspectral image classification: A dimension reduction and deep learning approach. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54(8), 4544-4554.
- Zhong, Z., Li, J., Luo, Z., & Chapman, M. (2017). Spectral-spatial residual network for hyperspectral image classification: A 3-D deep learning framework. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(2), 847-858.



Frekans Modüleli Sürekli Dalga Radarıyla Simüle Edilen Hayati Sinyallerin Temassız Tespiti

İbrahim Şeflek^{1*}, Ercan Yıldız¹

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6782-9513)

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2245-0654)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802905)

ATIF/REFERENCE: Şeflek, İ. & Yıldız, E. (2020). Frekans Modüleli Sürekli Dalga Radarıyla Simüle Edilen Hayati Sinyallerin Temassız Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 72-77.

Öz

Radarların son dönemde iç ortam uygulamalarında da kullanılabilmesi onları hayatın bir parçası haline getirmiştir. Yaşam alanının herhangi bir yerinde (ev, araç, sokak) radarlara rastlama olasılığı oldukça artmıştır. Bu artışa paralel olarak hayatı kolaylaştıran radar uygulamaları da ortaya çıkmıştır. Özellikle radarların bir nesnenin varlığını temassız tespit edebilme yeteneği onların tıp uygulamalarında da yerini bulmasını sağlamıştır. Hayati belirtilerin radarlarla temassız tespiti son dönemlerde dikkat çeken çalışmalar arasında yerini almaktadır. Bu tespit için hasta için temaslı herhangi bir durum (prob vb.) söz konusu olmadığı için hareket serbestliği sağlamak ayrıca gözetimi gerçekleştirecekler için işin kolaylaşmasına sebep olmaktadır. Frekans Modüleli Sürekli Dalga Radarının (FMCW) basit yapısı, ucuz maliyeti, menzil tespit edebilme yeteneği ve darbe radarlarına kıyasla gürültüden daha az etkilenmesi onu diğer radarlardan bir adım öne çıkarmaktadır. Ayrıca sürekli dalga radarlarının (CW) birden çok hedefi tespit edememe dezavantajı FMCW radar ile ortadan kaldırılmaktadır. FMCW radar menzil çözünürlüğüne bağlı olarak birden çok hedefi birbirinden ayırt edebilmektedir. Bu çalışmada, solunum ve kalp atışından kaynaklanan göğüs duvar hareketi simüle edilerek FMCW radarı tarafından tespiti gerçekleştirilmiştir. Tespitin gerçekleştirilebilmesi için bir algoritma sunulmuştur. Öncelikli olarak hedeflerin menzili tespit edilmiş daha sonra hayati sinyaller hesaplanmıştır. Çoklu sabit hedefler kullanılarak 5 ve 8 metre de bulunan hedefler sırasıyla %0 ve %1.56 hata oranları ile tespit edilmiştir. Bu hedeflerde mevcut olan solunum ve kalp atış hızları her iki hedef için sırasıyla %2.29 hata oranı ile hesaplanmıştır. Elde edilen ön sonuçlar FMCW radarın menzil ve yer değiştirme kaynaklı hayati sinyal varlığının tespitinde yüksek başarıya sahip olduğunu göstermektedir. Gelecekte temaslı ölçümlerle gerçekleştirilen uygulamaların yerini radarların alabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Frekans Modüleli Sürekli Dalga Radarı, Menzil tespiti, Hayati sinyal tespiti, Temassız ölçüm, Simülasyon.

Non-Contact Detection of Simulated Vital Signs with Frequency Modulated Continuous Wave Radar

Abstract

The recent use of radars in indoor applications has made them a part of live. The probability of seeing radars anywhere in living area (house, car, street) has increased considerably. In parallel with this increase, radar applications that make life easier have emerged. In particular, the ability of radars to detect the presence of an object without contact has enabled them to find their place in medical

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, ORCID:0000-0002-6782-9513, iseflek@ktun.edu.tr

applications. Non-contact detection of vital signs with radars is among the remarkable studies recently. Since there is no contact situation (probe, etc.) for the patient in this determination, it provides freedom of movement and also facilitates the work for those who will perform the surveillance. The simple structure of the Frequency Modulated Continuous Wave Radar (FMCW), its low cost, its ability to detect range and its less susceptibility to noise compared to pulse radars make it one step ahead of other radars. In addition, the disadvantage of continuous wave radars (CW) that cannot detect more than one target is eliminated by FMCW radar. FMCW can distinguish multiple targets from each other, depending on the radar range resolution. In this study, chest wall motion due to respiration and heartbeat was simulated and detected by FMCW radar. An algorithm has been presented to make the detection. First of all, the range of the targets is determined and then the vital signs are calculated. By using multiple stationary targets, targets at 5 and 8 meters are detected with 0% and 1.56% error rates, respectively. Respiration and heart rates present at these targets are determined with an error rate of 2.29% for both targets, respectively. The preliminary results show that the FMCW radar has high success in detecting range and the existence of vital signs originating from displacement. It is anticipated that in the future, applications carried out with contact measurements will be replaced by radars.

Keywords: Frequency Modulated Continuous Wave Radar, Range detection, Vital signal detection, Non-contact measurement, Simulation.

1. Giriş

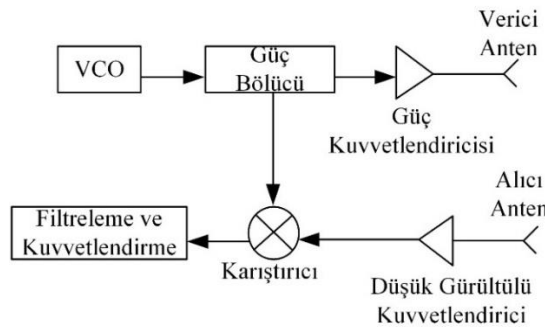
Bir nesnenin temassız uzaktan algılanması yaklaşık doksan yıldır bilim insanlarının araştırma konuları arasında yerini almaktadır. Bu zaman dilimi içerisinde teknolojinin gelişmesiyle birçok cihaz vasıtasıyla temassız uzaktan algılama gerçekleştirilebilmektedir. Kameralar, lidarlar ve radarlar bu algılamayı sağlamak için en yoğun kullanılan cihazlar olmaktadır. Bunların avantaj ve dezavantajları söz konusudur. Işık miktarı, nem, sis vb. çevresel faktörler cihazların performansını oldukça etkilemektedir. Bütün bu faktörler göz önüne alındığında elektromanyetik dalgaları kullanan radarların çalışma ortamına bağımlılığının oldukça düşük olması, titreşimlere karşı yüksek hassasiyet göstermesi, nüfuz etme özellikleri ve son dönemde maliyetinin düşük olması onu kullanılabilirlik açısından diğerlerine göre ön plana çıkarmaktadır [1].

Daha önceleri büyük ve hantal yapıda olan ve dış ortamda kullanım için tasarlanan radarlar boyutlarının küçülmesi sonucu iç ortamda evlerin içinde rahatlıkla kullanılabilen cihazlar haline gelmektedir [2]. Bu durum onların tıbbi uygulamalar için kullanılabilme kabiliyetini gün yüzüne çıkarmaktadır. Özellikle solunum ve kalp atışından kaynaklı göğüs duvarının yer değiştirme hareketi; titreşimlere karşı yüksek hassasiyet gösteren radarların bu fizyolojik parametrelerin tespitini sağlayarak insanlarda hem solunum hem de dolaşım sistemlerinin durumunu doğrudan yansıtılabilmektedir. Bu nedenle, hayati belirtilerin temassız tespiti veya izlenmesi için çok uygun olabilirler. Vücuda temas edilerek bu parametrelerin eldesini sağlayan geleneksel yöntemlerin aksine radarların kullanımı hastalar için daha fazla rahatlık ve sağlık çalışanları adına ek iş yükü olmadan sürekli ve zamanında solunum ve kalp hızı izleme avantajlarına sahiptir [3]. Şiddetli yanık veya bulaşıcı hastalık, uyku apnesi izleme, ani bebek ölüm sendromu izleme yaşlı ev sağlığı ve psikolojisi gibi durumlar için radarların kullanılabilirliği çalışmalarla gösterilmiştir [4]-[9].

Sürekli dalga (CW) radarları hayati sinyallerin tespiti ve dolayısıyla buna bağlı durumların ortaya çıkarılması için geleneksel olarak kullanılan en temel radar tipidir [10]-[12]. Düşük maliyeti ve basit devre yapısı tercih edilme sebeplerindedir. Ancak DC offset, çok yollu yansıma ve en önemlisi menzil tespitinin çalışma ortamındaki tüm nesnelere karşı bütün yansımaları tek bir sinüzoid sinyalinde toplamasından dolayı gerçekleştirilememesidir. Bunlar CW radarların dezavantajlarını oluşturmaktadır [3]. Temassız hayati sinyal izlemede menzilin de elde edilebilmesi ve CW radarların dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla ultra geniş bant (UWB) darbe radarları ve frekans modüleri sürekli dalga (FMCW) radarlar kullanılmaktadır. UWB darbe radarları yüksek uzaysal çözünürlük elde eder ancak darbe genişliği ve sinyal yoğunluğu bu radarları sınırlandırmakta ve maliyetini artırmaktadır [13]. FMCW radar, UWB radarların menzil tespit edebilme kapasitesine ek olarak CW Doppler radarının hassasiyeti ve sağlamlığını barındırmaktadır. Bu özellikler FMCW radarı oldukça kullanışlı hale getirmektedir. Buna ek olarak, FMCW radar küçük boyuta sahip olma, hafif olma, düşük güç tüketme özelliklerine sahiptir. FMCW radarın temel avantajı farklı mesafelerdeki yansımaları ayırabilmesi ve göğüs duvarındaki salınımlar nedeniyle farklı menzillerde bulunan çoklu hedeflerin saptanması ve izlenmesinde kullanılabilir olmasıdır [14]-[16]. Bu nedenle, hastane ve evde bakım gibi ortamlarda kullanılabilirliği mümkündür.

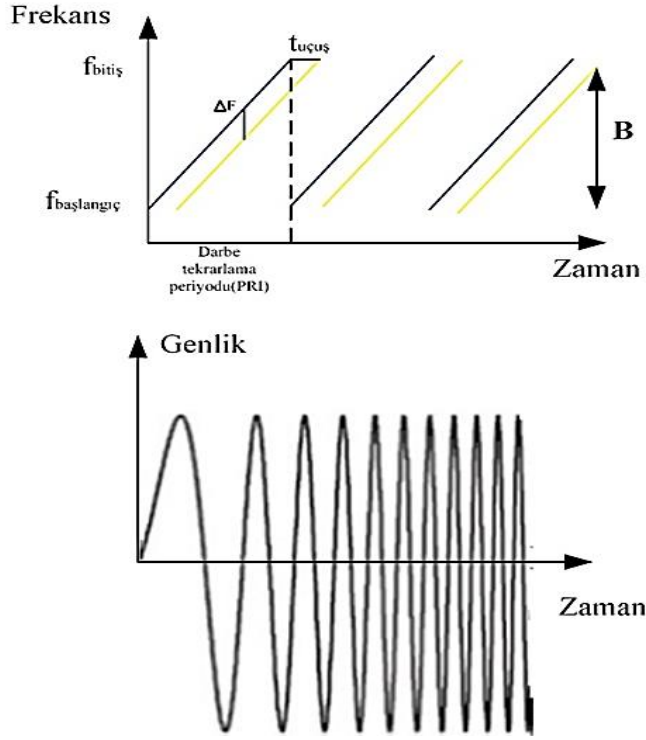
2. Materyal ve Metot

Bir FMCW radarın temel blok diyagramı Şekil-1'de görülmektedir.



Şekil 1 FMCW radarın temel blok diyagramı

Voltaj kontrollü osilatörün testere dişi ve üçgen gibi sinyallerle uyarılması sonucu; chirp olarak adlandırılan ve frekansı $f_{\text{başlangıç}}$ 'dan $f_{\text{bitiş}}$ 'e kaydırılan bir sinüzoid sinyal üretilir. FMCW radarın ürettiği sinyalin frekans-zaman ve genlik-zaman grafiği Şekil-2'de görülmektedir.



Şekil 2 FMCW radar sinyalinin frekans-zaman ve genlik-zaman grafiği

VCO çıkışındaki sinyalin büyük bir kısmı kuvvetlendirilmek üzere güç kuvvetlendiricisine iletilirken diğer kısmı güç bölücü ile alıcı katına iletilir. Bu sinyal referans sinyali olarak karıştırıcıda kullanılmaktadır. Kuvvetlendirilen sinyal verici anten vasıtasıyla hedefe gönderilmektedir. Gönderilen sinyal;

$$S_G(t) = A_G \cos(2\pi f_c t + \pi \frac{B}{T_C} t^2 + \phi(t)) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada A_G gönderilen sinyalin genliği, f_c sinyalin merkez frekansını, B sinyalin bant genişliğini, T_C chirp sinyalinin süresini ve $\phi(t)$ ise başlangıç fazını göstermektedir. Hedeften yansıyan sinyal radarın alıcı anteni vasıtasıyla alınır. Alınan sinyal;

$$S_A(t) = A_A \cos(2\pi f_c(t - t_{uçuş}) + \pi \frac{B}{T_C}(t - t_{uçuş})^2 + \phi(t - t_{uçuş})) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. A_A alınan sinyalin genliğini, $t_{uçuş}$ radarın alıcı anteninden $R(t)=R_0+x(t)$ mesafesindeki hedefe sinyalin gidiş geliş süresini göstermektedir. Uçuş süresi,

$$t_{uçuş} = \frac{2R(t)}{c} \quad (3)$$

ile ifade edilir. c ışık hızını göstermektedir. Alıcı antenden alınan sinyal düşük gürültülü kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilir. Ardından karıştırıcıda gönderilen sinyal ile karıştırılarak düşürülür (down-convert). Elde edilen sinyal orta frekans sinyalidir ve hedef içeriği hakkında doğrudan bilgiler veren beat sinyali olarak isimlendirilir. Karıştırıcı çıkışındaki sinyal alçak geçiren filtreden ve kuvvetlendiriciden geçirildikten sonra

$$S_B(t) = A_B \cos(2\pi \left[\frac{B}{T_C} t_{uçuş} \right] t + 2\pi f_c t_{uçuş} + \pi \frac{B}{T_C} t_{uçuş}^2 + \Delta\phi(t)) \quad (4)$$

elde edilir. A_B sinyal gücünü, zamanla değişen birinci terim vuruş frekansını (f_b), diğer iki terim faz bileşenlerini ve $\Delta\phi(t) = \phi(t) - \phi(t - t_{uçuş})$ rezidual faz gürültüsünü gösterir. Rezidual faz gürültüsü düşük menzilli radar uygulamalarında menzil korelasyon etkisinden dolayı göz ardı edilebilir.

(4) eşitliğinde menzille doğrudan ilişkili olan ve her darbe tekrarlama periyodu için $S_B(t)$ sinyaline uygulanan hızlı Fourier dönüşümü (FFT) ile menzil profili belirlenir. R menziline yer alan bir hedef için vuruş frekansı,

$$f_b = \frac{B}{T_C} t_{uçuş} = \frac{2BR(t)}{cT_C} \quad (5)$$

ifadesinde, $\frac{B}{T_C}$ oranı gönderilen sinyallerin eğimi olup chirp hızını ifade etmektedir. Menzil çözünürlüğü radarın iki hedefi birbirinden ayırt edebileceği minimum mesafe olarak tanımlanmaktadır. Bant genişliği B 'nin artmasıyla doğru orantılıdır. Menzil çözünürlüğü,

$$\Delta R = \frac{c}{2B} \quad (6)$$

ile gösterilmektedir.

$$\Phi_b = 2\pi f_c t_{uçuş} + \pi \frac{B}{T_C} t_{uçuş}^2 \quad (7)$$

(7) eşitliğinde $\pi \frac{B}{T_C} t_{uçuş}^2$ ifadesi sıfıra çok yakın olduğundan ihmal edilir. Dolayısıyla faz,

$$\Phi_b(\tau) = \frac{4\pi f_c R(\tau)}{c} \quad (8)$$

şeklinde ifade edilir. (8) menzil geçmiş $R(\tau)$ olan hedef için beat sinyaline karşılık gelen yavaş zamanın fazını göstermektedir. Böylece her menzil çözünürlüğü ifadesi için (menzil adımı) hayati sinyallerin belirlenmesinde $R(\tau)$ geçmişinin belirlenmesi solunum ve kalp atış oranlarının hesaplanmasına sebep olmaktadır.

Tablo 1. Simülasyon için FMCW Radar Parametreleri

Parametre	Değer
Merkez frekansı (f_c)	24.125 GHz
Bant genişliği (B)	250 MHz
Darbe Tekrarlama Periyodu (T_c)	5 ms
Tutarlı İşleme Aralığı (CPI)	30 sn
Örnekleme frekansı (f_s)	120 kHz

Tablo 2. Simülasyon için hedef parametreleri

Parametre	Hedef 1	Hedef 2
Menzil	5 m	8 m
Solunum hareketi	1 cm	1 cm
Solunum frekansı	0.4 Hz	0.3 Hz
Kalp Atış hareketi	1 mm	1 mm
Kalp Atış frekansı	1.3 Hz	1.2 Hz

Kullanılan FMCW radarın alıcı kısmı dördün (quadrature) yapıya sahiptir. Bu yapı gelen sinyali birbirinden 90° faz farklı iki sinyale dönüştürür. Bu sinyaller sırası ile I ve Q sinyalleri olarak isimlendirilir.

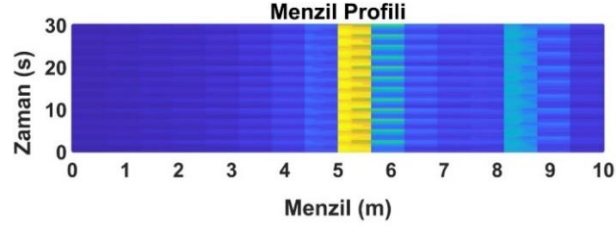
Hayati sinyallerin eldesi için kullanılan sinyal işleme prosedürü şu şekildedir:

- I ve Q için elde edilen $\mathbf{S}_B(\mathbf{t})$ vuruş sinyalleri ($I+jQ$) birleştirilerek kompleks ham veri matrisi $S_{HM}[N,M]$ N satır ve M sütundan oluşturulur.
- Radar sinyal işlemede matrisin satırları ve sütunları yavaş zaman ve hızlı zaman eksenine karşılık gelir. Satırlar boyunca (hızlı zaman ekseninde) $S_{HM}[N,M]$ 'nin FFT'si alınarak menzil profili elde edilir.
- Menzil profili matrisinde menzil kutucuklarındaki zirveler hedeflerin bulunduğu menzillere karşılık gelir. İlgili menzildeki faz değişimi hayati sinyallerle ilişkilendirilir.
- Menzil profilinde hedeflerin bulunduğu sinyaller alınarak faz açısı bulunur $\Phi_b(\mathbf{n})$ ve faz açma (unwrapping) işlemi uygulanarak $\hat{\Phi}_b(\mathbf{n})$ elde edilir.
- Ardından menzil-yer değiştirme geçmişi $\mathbf{R}[\mathbf{n}] = \frac{c \hat{\Phi}_b(\mathbf{n})}{4\pi f_c c}$ şeklinde hesap edilir. Son olarak hayati sinyalleri elde etmek için Doppler FFT uygulanır. Her hedefin Doppler FFT'si hayati sinyallerin frekans bileşenlerinin tespit edilmesini sağlamaktadır.

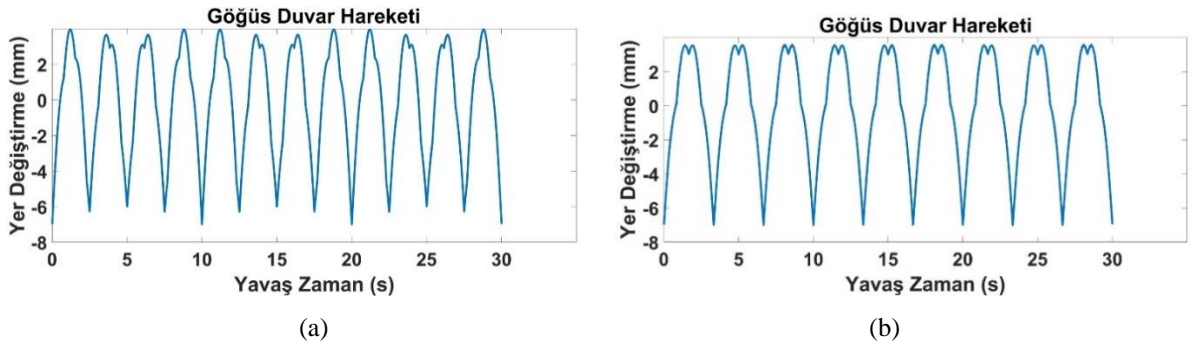
3. Araştırma Sonuçları

Tablo-2'de belirlenen hedef parametrelerine göre oluşturulan matrisin satırları boyunca uygulanan FFT sonucu elde edilen menzil profili Şekil-3'de gösterilmektedir. FMCW radarın menzil çözünürlüğü 0.6 metredir. 9. menzil kutusunda (4.8-5.4 m) 5 metredeki hedef ve benzer şekilde 8 metrede bulunan hedef ise 14.menzil kutusunda (7.8-8.4 m) gösterilmektedir. 5 metredeki hedef tespiti hatasız tespit edilirken 8 m mesafede olan hedef 8.125 m ile %1.56 hata ile bulunmuştur.

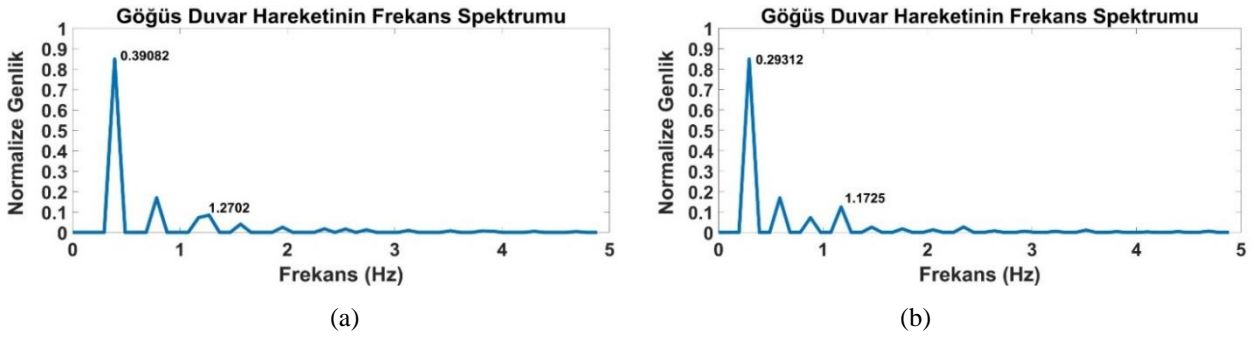
Menzil profilinde hedeflerin bulunduğu sinyallerin sinyal işleme kısmında bahsedildiği gibi faz açıları tespit edilerek faz açma işlemi uygulanmıştır. Sabit iki hedef için göğüs kafesi hareketinden elde edilen yer değiştirme geçmişi Şekil-4’de gösterilmektedir. Göğüs duvar hareketi kaynaklı yer değiştirme geçmişi elde edilen hedefler için hayati sinyallerin tespiti Doppler FFT uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Elde edilen hayati sinyallerin frekans bileşenleri Şekil-5’te gösterilmektedir. Hedef 1 ve hedef 2 için göğüs duvarı hareketine bağlı elde edilen solunum sayısı %2.29 hata oranı ile tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar kalp atışı sayısı için aynı hata oranları ile elde edilmiştir.



Şekil 3 Hedef Parametrelerine göre Elde Edilen Menzil Profili



Şekil 4 Göğüs kafesi hareketinden elde edilen yer değiştirme geçmişi. (a) Hedef 1, (b) Hedef 2



Şekil 5 Göğüs hareketinden elde edilen hayati sinyallerin frekans bileşenleri. (a) Hedef 1, (b) Hedef 2.

4. Sonuç

Bu çalışmada mevcut radarlar hakkında kısa bilgiler ve frekans modüleli sürekli dalga radarın genel yapısı ve avantajları sunulmaktadır. FMCW radar için bir sinyal işleme algoritması ile çoklu insan hedefi için hayati sinyallerin elde edilmesi simüle edilerek sağlanmıştır. 5 metre ve 8 metrede bulunan iki hedef için menziller sırasıyla %0 ve % 1.56 hata oranıyla tespit edilmiştir. Her iki hedef için solunum ve kalp atışı hata oranları %2.29 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre bu radar tipi hem menzil tespitinde hem de hayati sinyallerin eldesi düşünüldüğünde tıbbi uygulamalarda başarılı sonuçlar elde edecektir. Gelecekte mevcut çalışmanın pratiğe dönüştürülmesi amaçlanmaktadır.

Kaynakça

- Muñoz-Ferreras, J. M., Wang, J., Peng, Z., Li, C., & Gómez-García, R. (2019, May). Fmcw-radar-based vital-sign monitoring of multiple patients. In *2019 IEEE MTT-S International Microwave Biomedical Conference (IMBioC)* (Vol. 1, pp. 1-3). IEEE.
- Andersen, N., Granhaug, K., Michaelsen, J. A., Bagga, S., Hjortland, H. A., Knutsen, M. R., ... & Wisland, D. T. (2017). A 118-mw pulse-based radar soc in 55-nm cmos for non-contact human vital signs detection. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 52(12), 3421-3433.

- Alizadeh, M., Shaker, G., De Almeida, J. C. M., Morita, P. P., & Safavi-Naeini, S. (2019). Remote monitoring of human vital signs using mm-Wave FMCW radar. *IEEE Access*, 7, 54958-54968.
- Anishchenko, L., Zhuravlev, A., & Chizh, M. (2019). Fall Detection Using Multiple Bioradars and Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 19(24), 5569.
- Kagawa, M., Suzumura, K., & Matsui, T. (2016, August). Sleep stage classification by non-contact vital signs indices using Doppler radar sensors. In *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 4913-4916). IEEE.
- Li, C., Cummings, J., Lam, J., Graves, E., & Wu, W. (2009). Radar remote monitoring of vital signs. *IEEE Microwave Magazine*, 10(1), 47-56.
- Tran, V. P., Al-Jumaily, A. A., & Islam, S. M. S. (2019). Doppler radar-based non-contact health monitoring for obstructive sleep apnea diagnosis: A comprehensive review. *Big Data and Cognitive Computing*, 3(1), 3.
- Lin, F., Zhuang, Y., Song, C., Wang, A., Li, Y., Gu, C., ... & Xu, W. (2016). SleepSense: A noncontact and cost-effective sleep monitoring system. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems*, 11(1), 189-202.
- Adib, F., Mao, H., Kabelac, Z., Katabi, D., & Miller, R. C. (2015, April). Smart homes that monitor breathing and heart rate. In *Proceedings of the 33rd annual ACM conference on human factors in computing systems* (pp. 837-846).
- Hu, W., Zhao, Z., Wang, Y., Zhang, H., & Lin, F. (2013). Noncontact accurate measurement of cardiopulmonary activity using a compact quadrature Doppler radar sensor. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 61(3), 725-735.
- Tu, J., Hwang, T., & Lin, J. (2016). Respiration rate measurement under 1-D body motion using single continuous-wave Doppler radar vital sign detection system. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 64(6), 1937-1946.
- Seflek, I., Acar, Y. E., & Yaldiz, E. (2020). Small Motion Detection and Non-Contact Vital Signs Monitoring with Continuous Wave Doppler Radars. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 26(3), 54-60.
- He, M., Nian, Y., & Gong, Y. (2017). Novel signal processing method for vital sign monitoring using FMCW radar. *Biomedical Signal Processing and Control*, 33, 335-345.
- Lee, H., Kim, B. H., Park, J. K., Kim, S. W., & Yook, J. G. (2019). A resolution enhancement technique for remote monitoring of the vital signs of multiple subjects using a 24 GHz bandwidth-limited FMCW radar. *IEEE Access*, 8, 1240-1248.
- Ahmad, A., Roh, J. C., Wang, D., & Dubey, A. (2018, April). Vital signs monitoring of multiple people using a FMCW millimeter-wave sensor. In *2018 IEEE Radar Conference (RadarConf18)* (pp. 1450-1455). IEEE.
- Mercuri, M., Lorato, I. R., Liu, Y. H., Wieringa, F., Van Hoof, C., & Torfs, T. (2019). Vital-sign monitoring and spatial tracking of multiple people using a contactless radar-based sensor. *Nature Electronics*, 2(6), 252-262.



Ağır Vasıta Hava Kompresörü Piston Segmanı Aşınması Durumlarında K-En Yakın Komşu Algoritmasının Sınıflandırma Performansının İncelenmesi

Emre Gül^{1*}, Mete Kalyoncu²

¹Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanayi A.Ş., Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0348-4904)

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2214-7631)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802958)

ATIF/REFERENCE: Gül, E. & Kalyoncu, M. (2020). Ağır Vasıta Hava Kompresörü Piston Segmanı Aşınması Durumlarında K-En Yakın Komşu Algoritmasının Sınıflandırma Performansının İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 78-90.

Öz

Teknolojide yaşanan gelişmeler günümüzde veri sistemlerine dayalı çalışmaların artmasına yol açmaktadır. Ağır vasıta hava kompresörleri temel olarak bir mekanik cihazdır. Buna rağmen kompresör üzerinden sensörler ile alınacak verilerin anlamlandırılarak arıza durumlarının teşhisi günümüz teknolojisinde uygulanabilir bir hal almaktadır. Hava kompresörleri ortalama bir ağır vasıta üzerinde küçük bir bileşen konumundadır. Ancak basınçlandığı hava aracın fren, süspansiyon ve debriyaj sistemleri için oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu yüzden aracın yolda emniyetli ve güvenli hareketinin sağlanmasına destek olmaktadır.

Bu çalışmada hava kompresörlerinde kullanıcı kaynaklı piston segmanı aşınması gibi durumlarda oluşan yağ taşınımı arızası araştırılmış ve kompresör üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca yağ taşınımı arızası verileri firma bünyesinde Ar-Ge birimi tarafından geliştirilen test sisteminde sensörler vasıtasıyla kayıt altına alınmıştır. Bu veriler K-en yakın komşu algoritması modellerinin alt yapısının oluşturulmasında kullanılmış ve algoritma sınıflandırma performansı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kompresörü, Piston Segmanı Aşınması, Yağ Taşınımı, K-En Yakın Komşu Algoritması, Makine Öğrenmesi

Investigation of Classification Performance of K-Nearest Neighbor Algorithm in Cases of Heavy Vehicle Air Compressor Piston Ring Wear

Abstract

Developments in technology today lead to an increase in studies based on data systems. Heavy vehicle air compressors are basically a mechanical device. Nevertheless, the diagnosis of fault conditions by interpreting the data to be collected via sensors on the compressor becomes applicable in today's technology. Air compressors are a small component on a standard heavy vehicle. However, the air which is pressurized is of high importance for the brake, suspension and clutch systems of the vehicle. Therefore, it provides for the safe and secure drive of the vehicle on the road.

In this study, oil carry over failure in air compressors caused by user-induced piston ring wearing was investigated as well as its effect on the compressor. In addition, oil carry over failure data were collected by sensors in the test system created by R&D department of the company. These data were used to set up the substructure of K-nearest neighbor algorithm models and algorithm classification performance was examined.

Keywords: Air Compressor, Piston Ring Wear, Oil Carry Over, K – Nearest Neighbors Algorithm, Machine Learning

* Sorumlu Yazar: Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanayi A.Ş., Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0348-4904, emregul@yildizpul.com.tr

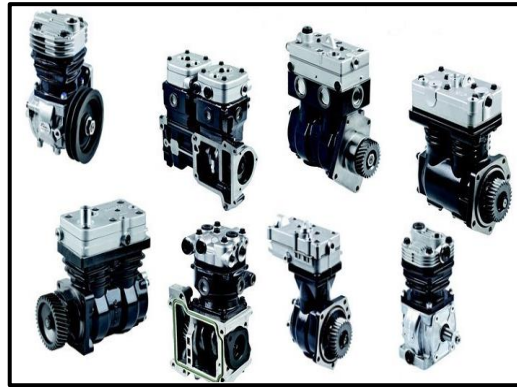
1. Giriş

Teknolojik gelişmeler, ağır vasıta bileşenlerinin üretim maliyetlerinin artmasıyla birlikte, üreticilerin piyasada rekabet edebilmesi için ürünlerinin dayanım sürelerini artırma yoluna sevk etmiştir. Aktif çalışan sistemlerde sürekli durum izleme ile ürünlerin dayanım süreleri kontrol altına alınabilmektedir. Arıza durumlarının sistemin tamamına zarar vermeden kontrol altına alınması sağlanmakta, cüzi ücretlerle sistemin bakımı yapılabilmektedir.

Ağır vasıtalar uzun yol sürüşlerinde yük, eşya ve insan taşımacılığında kullanılmaktadır. Aracın fren, debriyaj, süspansiyon ve diğer bileşenlerinin birçoğunun çalışması için basınçlı hava gerekmektedir. Aracın emniyeti büyük ölçüde fren sistemlerinin performansına bağlıdır. Fren sistemleri tankta bulunan basınçlı hava ile çalışmaktadır.

Havayı basınçlandırarak tankta depo edilmesini sağlayan makinalara kompresör adı verilir. Aracın güvenilirliği kompresörün istenen verimde çalışmasına bağlı olmakla birlikte, hava kompresörü aracın yolda güvenli ve emniyetli bir şekilde seyir halinde olmasında en büyük katkıyı sunmaktadır.

Hava kompresörleri ortamdaki emdiği havayı, barındırdığı mekanizma ve valf sistemleri ile basınçlandıran sistemlerdir. Hava kompresörleri modellerine göre farklılık gösteren, ağır vasıta araçlarda ihtiyaç yüklemeye durumlarına göre tek ya da çift silindirik olarak tasarlanır ve üretilirler. Ağır vasıtalarda 159cm^3 ile 800cm^3 aralığında $1,5\text{ m}^3/\text{dk}$ hava seviyelerine yaklaşabilmektedir [1]. Şekil 1.1.'de ağır vasıta hava kompresörü resimleri gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Ağır Vasıta Hava Kompresörü Resimleri [2]

Firma ve teknik servis görüşmelerinde 2018 ve 2019 verilerinde en sık rastlarına kullanıcı kaynaklı hava kompresörü arızasının piston segmanlarının aşınması sonucunda oluşan yağ taşınımı arızası olduğu gözlemlenmiştir.

1.1. Hava Kompresörü Piston Segmanlarının Aşınması

Kompresörün hava girişinden toz partiküllerini alması sonucu silindir gömleği ile piston segmanları arasında aşınma oluşur. Bu aşınma gömlek yüzeyinde üst ölü noktada çapta $0,1\text{mm}$ iken, alt ölü noktada çapta $0,05\text{mm}$ aralığında değişmektedir. Piston segmanlarında ise segman kalınlığı yaklaşık $2,97\text{mm}$ 'lerden, $2,30\text{mm}$ ölçülere kadar inebilmektedir. Şekil 1.2.'de görseli gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Toz Partiküllerinin Emilimi Sonucunda Piston Segmanında Yaşanan Aşınma

Şekil 1.3.'de toz partiküllerinin emilimi sonucunda piston segmanı ile gömlekte yaşanan aşınma görseli verilmiştir. Piston segmanları ile silindir gömleği arasında oluşan boşluk, kompresörün kartere hava kaçırmasına ve karterdeki yağın hava çıkış portundan tanka doğru ilerlemesine yani yağ taşınımına sebep olmaktadır. Fazla yağ, hava kurutucu tahliye valfinin arıza göstermesine sebep olabilir.



Şekil 1.3. Toz Partiküllerinin Emilimi Sonucunda Segman ve Gömlekte Yaşanan Aşınma

Kompresörün yükte yani tankı doldurmak için çalıştığı süre genel kural olarak toplam sürenin %50'sinden daha az olmalı, yüksüz geçen dinlenme süresi toplam sürenin %50'sinden daha fazla olmalıdır. Kompresörün hava çıkışının tıkalı olması hava sisteminin yavaş doldurulmasına, kompresörün sürekli yükte çalışmasına, hava kompresörünün aşırı ısınmasına ve piston segmanlarından daha fazla yağ taşınımına sebep olabilmektedir [3]. Sürekli hava ihtiyacının olması ya da sistemdeki hava kaçakları kompresörün toplam sürenin %50'sinden fazla çalışarak, piston segmanlarından yağ taşınımına ve sıcaklık artışı ile silindir kapağı hava çıkış portunda kurum oluşmasına sebep olabilmektedir.

Bazı kaynaklarda ise hava kompresörlerinin %25 yükte çalışacak şekilde tasarlandıklarından bahsedilmiştir [4].

1.2. K-En Yakın Komşu Algoritması

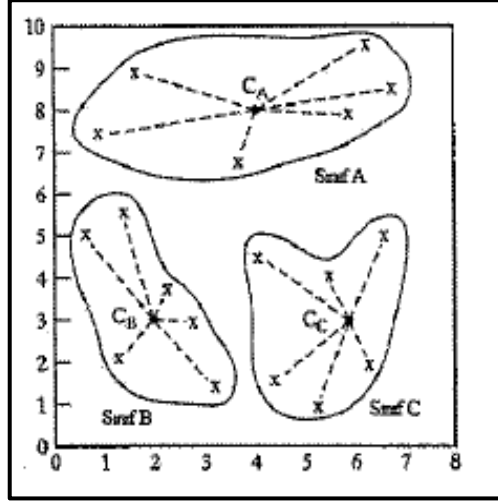
Bir probleme ait verilerde, veriler arasında matematiksel bir ifadeyle mesafe ölçümüne dayalı yakınlık kavramına göre sınıflandırmayı yapan algoritmalar. Bu sınıflandırmanın mantığı aynı sınıftan veya farklı sınıftan örneklerin benzerliklerine göre arasındaki uzaklığı ölçmeye dayalı bir metoda dayanmasıdır [5].

Sınıf etiketlerinin rastgele dağılması, çoğunluk oylamasına bağlı olarak belirlenmesi, temel k-en yakın komşu algoritmasında yeni verilerin sınıf etiketlerinin belirlenmesinde baskın bir role sahip olmalarına neden olmaktadır. Bununla birlikte Öklid, Manhattan, Minkowski, Chebyshev ve Dilca uzaklığı olmak üzere 5 farklı uzaklık ölçüsü kullanılmaktadır [6]. Şekil 1.4.'de uzaklık ölçülerinin formülleri verilmiştir.

$$d_{\text{öklid}}(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$$
$$d_{\text{Manhattan}}(p, q) = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i|$$
$$d_{\text{Chebyshev}}(p, q) = \max_i (|p_i - q_i|)$$
$$d_{\text{Minkowski}}(p, q) = \sqrt[m]{\sum_{i=1}^n |p_i - q_i|^m}$$

Şekil 1.4. Uzaklık Ölçülerinin Formülleri [7]

Yakınlığın ölçülmesi için sınıflandırma ve kümeleme algoritmalarında kullanılan temel uzaklık ölçütü Öklit uzaklık ölçüsüdür [6]. Uzaklık ölçümüne dayanan sınıflandırma görüntüsü Şekil 1.5.'de verilmiştir.



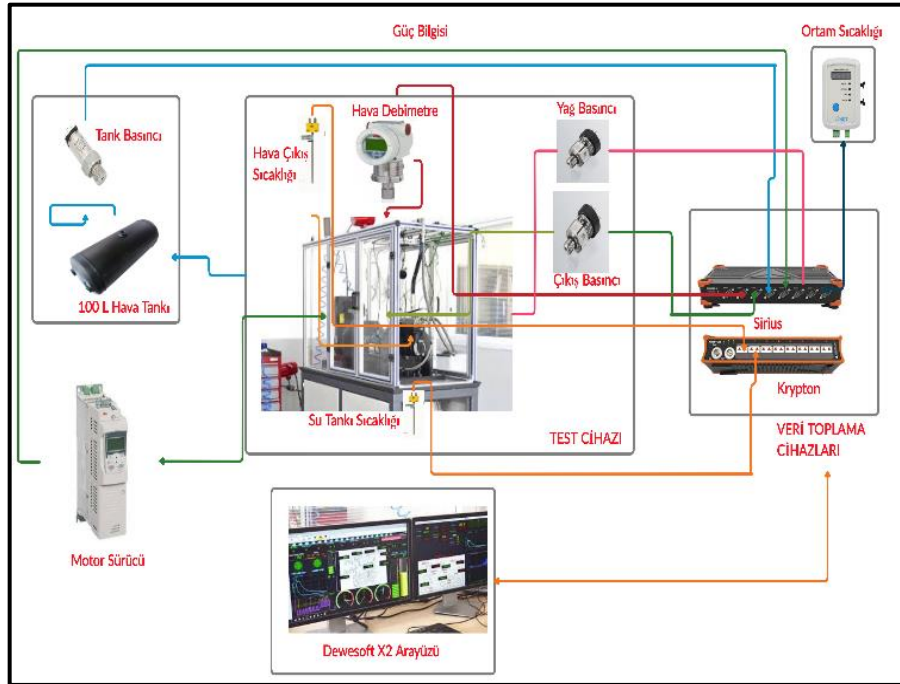
Şekil 1.5. Uzaklık Ölçümüne Dayanan Sınıflandırma Görüntüsü [5]

Ağ modelinde k değerinin yüksek olması, sınıflaşmanın azalarak genelleştiğini gösterirken, düşük olması modelin etkilenmesinde önemli rol almaktadır [8].

2. Materyal ve Metot

Test verileri, firma Ar-Ge Merkezi mekanik test laboratuvarında oluşturulan hava kompresörü uzun ömür test düzeneği (Şekil 2.1.) ile elde edilmiştir. Geliştirilen test düzeneği sayesinde ağır vasıta araçlar için hava kompresörünün tam otomatik testlerinin yapılması mümkün olmaktadır.

Yapılan bir çalışmada OEM hava kompresörü, test cihazında test edilerek, sonuçları OEM üreticilerinin yayınladıkları kompresör debi miktarı - güç tüketimi grafikleri ile kıyaslanması yapılmış ve test sistemi doğrulanmıştır [9]. Aynı test cihazında testler gerçekleştirilmiştir.



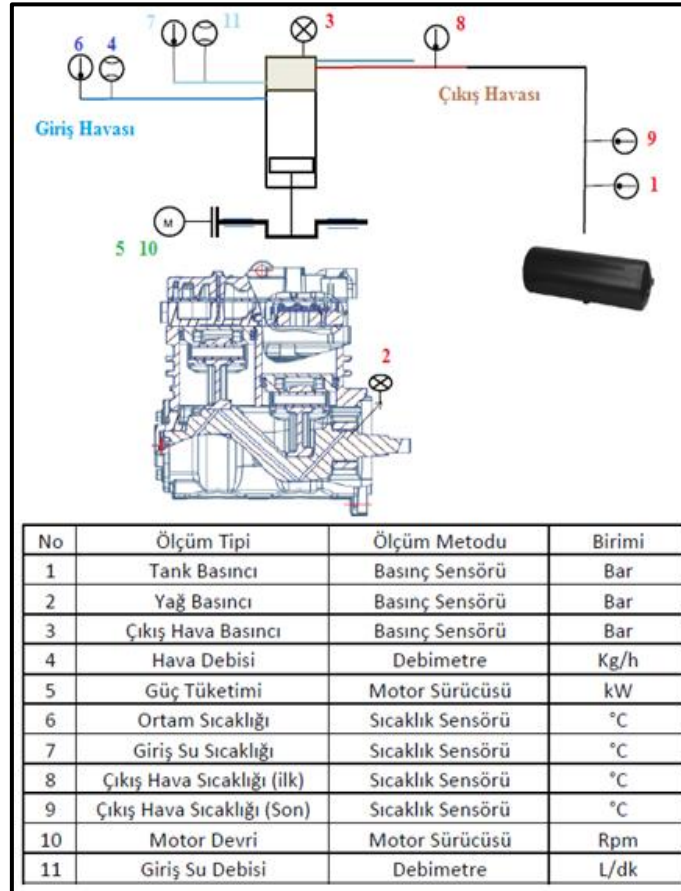
Şekil 2.1. Hava Kompresörü Test Düzeneği

Test için 636cc hacme sahip, çift silindirli ve su soğutmalı hava kompresörü seçilmiştir. Kompresör dişli bağlantılı ve motor yağı ile yağlanmaktadır. Şekil 2.2.'de örnek ağır vasıta hava kompresörünün görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.2. Örnek Ağır Vasıta Hava Kompresörü [10]

Hava kompresörü test düzeneğinden sistemsel olarak, yaklaşık 40 kanaldan aynı anda senkron bir şekilde veri alınması mümkün olabilmektedir. Şekil 2.3.'de kompresör sensör bağlantı konumları verilmiştir.



Şekil 2.3. Kompresör Sensör Bağlantı Konumları

Tablo 1. Silindir Gömleği ile Piston Segmanları Arasındaki Boşluğa Bağlı Çalışma Durumlarının Düzenlenmesi

Çalışma Durumu	Durum Numarası	Silindir Gömleği Çapı (mm)	Piston Çapı (mm)	Piston Segmanı Çapı (mm)
Piston Segmanlarının Aşınma Durumları	2.Durum	Ø85.05	Ø85	Ø85
	3. Durum	Ø85.25	Ø85.25	Ø85
	4. Durum	Ø85.50	Ø85.50	Ø85

Piston segmanlarından yağ taşınımının (geçişinin) önde gelen sebebi hava giriş hattında oluşan yırtık, çatlak vb. durumlardan dolayı hava giriş portundan içeriye toz partiküllerinin emilimidir. Toz partikülleri zımpara görevi görerek silindir gömleği ile piston segmanlarının aşınmasına sebep olarak segman ağızlarının açılmasına ve arada boşluk oluşumuna sebep olmaktadır.

0 numaralı çalışma durumu olarak normal çalışma koşulları uygulanmıştır. 1 numaralı çalışma durumu için hava kompresörü %40 yükte olacak şekilde çalıştırılmıştır. 2, 3 ve 4 numaralı çalışma durumlarında silindir gömleği çapı 0,05 - 0,25 - 0,50 mm genişletilerek honlama işlemi yapılmıştır. Piston çapları da aynı oranda olacak şekilde bir büyük piston kullanılmıştır. Ø85mm çapta segmanlar kullanılarak segman aralarının açık kalması ve buna bağlı boşluk oluşturulması sağlanmıştır.

2.1. Veri Toplama Sistemi

Veri toplama sistemi olarak Dewesoft firmasına ait kontrolcü ve yazılımlar kullanılmaktadır. Dijital (motor, tahliye başlatma/durdurma gibi) ve analog (motor hızı gibi) kontrollerin yanı sıra analog ölçümler için Sirius modülü kullanılmaktadır.

Sıcaklık ölçümlerinin gerçekleştirilmesi için ise 8 kanallı K tipi termokupl ölçüm yeteneğine sahip Krypton modülü kullanılmaktadır. Şekil 2.4.' de Dewesoft yazılım ekranı gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Dewesoft Yazılım Ekranı

2.2. Veri Hazırlama

Dewesoft yazılımı ile toplamda 6498 veri kayıt altına alınmıştır. Veriler %80 eğitim ve %20 test verisi olarak rastgele bir biçimde iki gruba ayrılmıştır. Çalışma durumlarının etiket değerleri Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Durumlarının Etiket Değerleri

Etiket No	Çalışma Durumu
0	Normal Koşullarda Çalışma
1	Sürekli Yükte Çalışma (%40 yükte)
2	Piston Segmanları Ölçü Değişimleri (Tablo 1.)
3	
4	

Kayıt altına alınan veriler yazılım ile excel formatına dönüştürüldükten sonra etiket değerleri eklenerek, python programının okuyabileceği csv. formatında kayıt edilmiştir. Şekil 2.5.'de python programında okunan veriler gösterilmiştir.

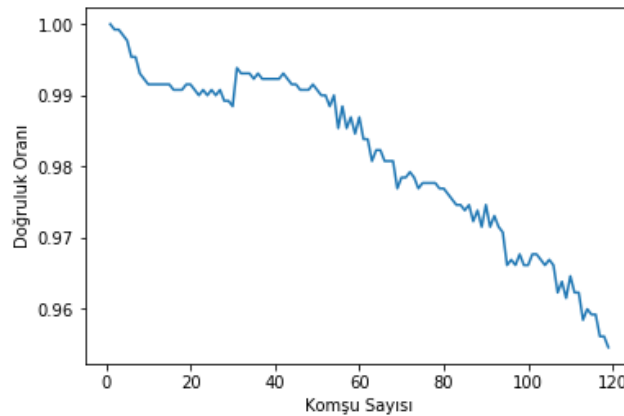
Index	tank_pressure	oil_pressure	outlet_pressure	flow_meter	pow ^
0	8.01976	3.5338	8.62523	62.4105	7.89322
1	8.07659	3.54152	8.63859	61.5891	7.51764
2	8.13158	3.55102	8.66449	59.5456	7.13926
3	8.18344	3.55796	8.691	57.3222	6.90308
4	8.23519	3.56157	8.72053	56.0101	6.70442
5	8.28412	3.56943	8.74045	55.2249	6.45744
6	8.32939	3.58059	8.74717	53.5025	6.12424
7	8.37005	3.59312	8.75808	51.2281	5.78105
8	8.40802	3.60409	8.773	47.6262	5.35808
9	8.44431	3.61261	8.77704	44.8372	4.9622
10	8.47738	3.62493	8.76296	42.1964	4.49827
11	8.50712	3.64062	8.76032	38.8477	4.0194
12	8.53481	3.65559	8.75697	36.0286	3.65092

Şekil 2.5. Verilerin Python Programında Görüntüsü

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

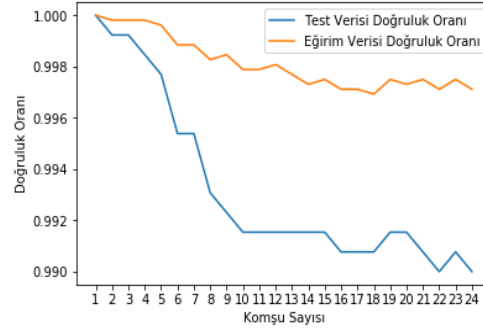
3.1. Öklid Uzaklığı

Öklid uzaklık ölçüsüne göre algoritma modeli oluşturulmuştur. Komşu sayısına bağlı algoritma doğruluk oranı grafiği Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Komşu Sayısına Bağlı Algoritma Doğruluk Oranı Grafiği

Eğitim ve test verilerinin komşu sayısına bağlı algoritma doğruluk oranı grafiği Şekil 3.2.'de gsterilmiştir. Eğitim verilerinde algoritmanın başarı durumunun yksek olduğu gzlennmiştir.



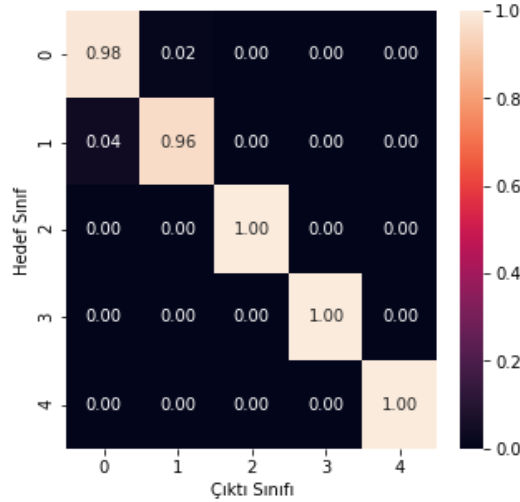
Şekil 3.2. Eğitim ve Test Verileri için Komşu Sayısına Bağlı Algoritma Doğruluk Oranı Grafiği

En yakın 30 komşuya bakıldığı durumda test verilerinde algoritma doğruluk oranı, regresyon skoru, kappa değeri sonuçları gibi performans metrikleri Tablo 3.'de verilmiştir. Toplamda test verilerinde 15 veri hatalı tahmin edilmiştir.

Tablo 3. Performans Metrikleri

Doğruluk Oranı	Regresyon Skoru (R^2)	Kappa Değeri
%98.85	0.9942	0.9856

Oklid uzaklık olusüne bağlı karmaşıklık matrisi Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Karmaşıklık Matrisi

Etiket değeri bilinmeyen 4 farklı veri için Tablo 4. ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. Etiket Değeri Bilinmeyen Verilerde Algoritma Tahmin Olasılığı

0. Durum	1. Durum	2. Durum	3. Durum	4. Durum
0.03	0	0	0	0.97
0.1	0	0.23	0.54	0.13
0	0	0.27	0.73	0
0.37	0.07	0.56	0	0

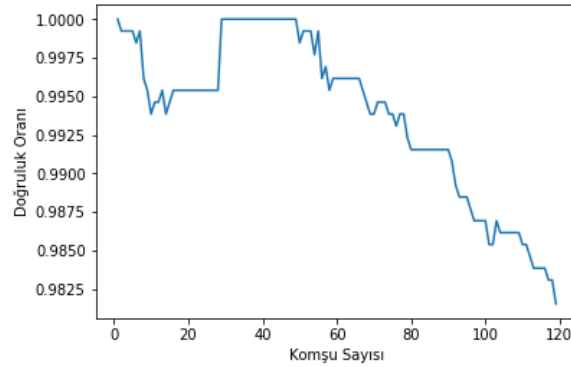
Algoritmanın hiç gormediği fakat etiket değeri bilinen verilerde gsterdiği tahmin matrisi Tablo 5.'de verilmiştir. Yeşil renk doğru tahmin sonucunu, kırmızı renk ise yanlış tahmin sonucunu gstermektedir.

Tablo 5. Etiket Değeri Bilinen Verilerde Algoritma Tahmin Matrisi

0.Durum	1	0	0	0	0
1.Durum	0.67	0.33	0	0	0
2.Durum	0	0	1	0	0
3.Durum	0.27	0	0	0.73	0
4.Durum	0	0	0	0	1
	0.Durum	1.Durum	2.Durum	3.Durum	4.Durum

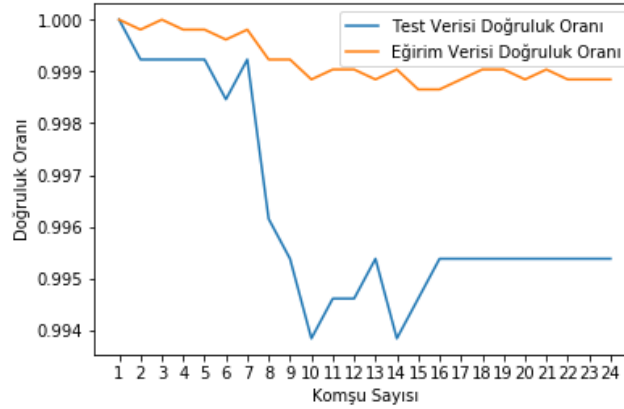
3.2.Manhattan Uzaklığı

Manhattan uzaklık ölçüsüne göre algoritma modeli oluşturulmuştur. Komşu sayısına bağlı algoritma doğruluk oranı grafiği Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Komşu Sayısına Bağlı Algoritma Doğruluk Oranı Grafiği

Eğitim ve test verilerinin komşu sayısına bağlı algoritma doğruluk oranı grafiği Şekil 3.5.'de gösterilmiştir. Eğitim verilerinde algoritmanın başarı durumunun yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



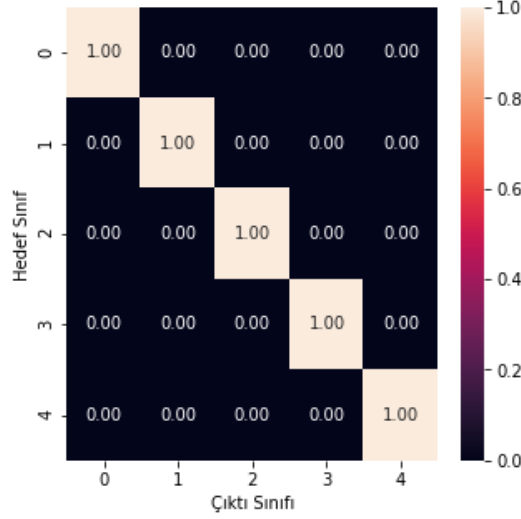
Şekil 3.5. Eğitim ve Test Verileri İçin Komşu Sayısına Bağlı Algoritma Doğruluk Oranı Grafiği

En yakın 30 komşuya bakıldığı durumda test verilerinde algoritma doğruluk oranı, regresyon skoru, kappa değeri sonuçları gibi performans metrikleri Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 6. Performans Metrikleri

Doğruluk Oranı	Regresyon Skoru (R ²)	Kappa Değeri
%100	1.0	1.0

Manhattan uzaklık ölçüsüne bağlı karmaşıklık matrisi Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Karmaşıklık Matrisi

Etiket değeri bilinmeyen 4 farklı veri için Tablo 7. ortaya çıkmıştır.

Tablo 7. Etiket Değeri Bilinmeyen Verilerde Algoritma Tahmin Olasılığı

0.Durum	1.Durum	2.Durum	3.Durum	4.Durum
0	0	0	0	1
0	0	0.23	0.33	0.44
0	0	0.47	0.53	0
0.43	0	0.57	0	0

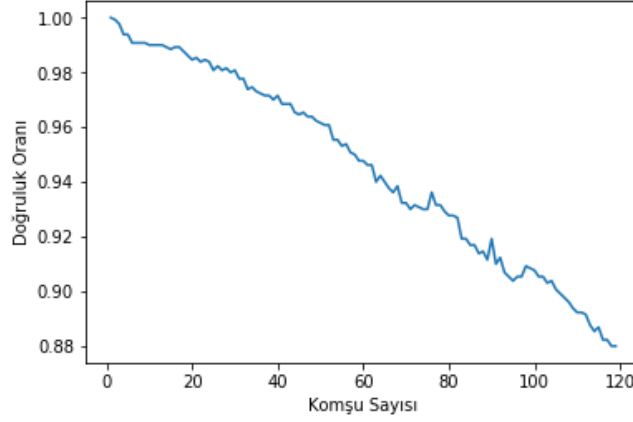
Algoritmanın hiç görmediği fakat etiket değeri bilinen verilerde gösterdiği tahmin matrisi Tablo 8.'de verilmiştir. Yeşil renk doğru tahmin sonucunu, kırmızı renk ise yanlış tahmin sonucunu göstermektedir.

Tablo 8. Etiket Değeri Bilinen Verilerde Algoritma Tahmin Matrisi

0.Durum	1	0	0	0	0
1.Durum	0.5	0.5	0	0	0
2.Durum	0	0	1	0	0
3.Durum	0.07	0	0	0.93	0
4.Durum	0	0	0	0	1
	0.Durum	1.Durum	2.Durum	3.Durum	4.Durum

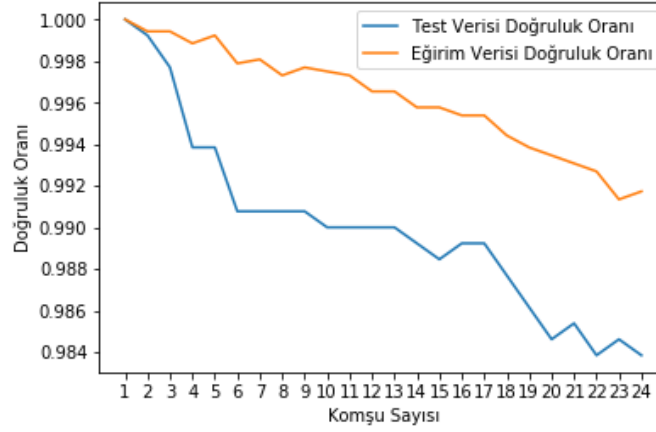
3.3. Chebyshev Uzaklığı

Chebyshev uzaklık ölçüsüne göre algoritma modeli oluşturulmuştur. Komşu sayısına bağlı algoritma doğruluk oranı grafiği Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Komşu Sayısına Bağlı Algoritma Doğruluk Oranı Grafiği

Eğitim ve test verilerinin komşu sayısına bağlı algoritma doğruluk oranı grafiği Şekil 3.8.'de gösterilmiştir. Eğitim verilerinde algoritmanın başarı durumunun yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



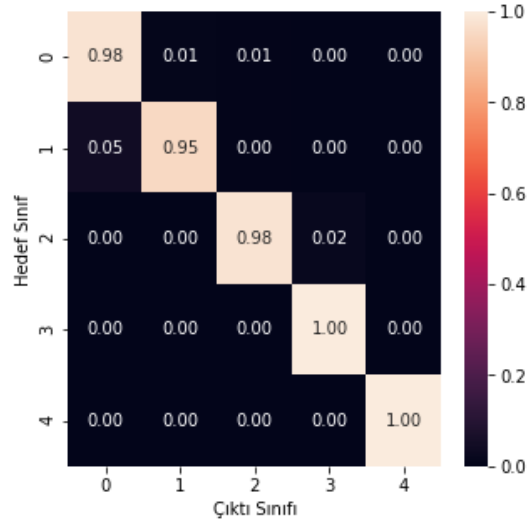
Şekil 3.8. Eğitim ve Test Verileri İçin Komşu Sayısına Bağlı Algoritma Doğruluk Oranı Grafiği

En yakın 30 komşuya bakıldığı durumda test verilerinde algoritma doğruluk oranı, regresyon skoru, kappa değeri sonuçları gibi performans metrikleri Tablo 9.'de verilmiştir. Toplam 25 veri hatalı tahmin edilmiştir.

Tablo 9. Performans Metrikleri

Doğruluk Oranı	Regresyon Skoru (R^2)	Kappa Değeri
%98.08	0.9850	0.9760

Chebyshev uzaklık ölçüsüne bağlı karmaşıklık matrisi Şekil 3.9.'da verilmiştir



Şekil 3.9. Karmaşıklık Matrisi

Etiket değeri bilinmeyen 4 farklı veri için Tablo 10. ortaya çıkmıştır.

Tablo 10. Etiket Değeri Bilinmeyen Verilerde Algoritma Tahmin Olasılığı

0.Durum	1.Durum	2.Durum	3.Durum	4.Durum
0	0	0	0	1
0.06	0	0.04	0.53	0.37
0	0.03	0.37	0.57	0.03
0.43	0	0.57	0	0

Algoritmanın hiç görmediği fakat etiket değeri bilinen verilerde gösterdiği tahmin matrisi Tablo 11.'de verilmiştir. Yeşil renk doğru tahmin sonucunu, kırmızı renk ise yanlış tahmin sonucunu göstermektedir.

Tablo 11. Etiket Değeri Bilinen Verilerde Algoritma Tahmin Matrisi

0.Durum	1	0	0	0	0
1.Durum	1	0	0	0	0
2.Durum	0	0	1	0	0
3.Durum	0.63	0	0	0.37	0
4.Durum	1	0	0	0	0
	0.Durum	1.Durum	2.Durum	3.Durum	4.Durum

4. Sonuç ve Tartışma

Bir çalışmada literatürde en çok kullanılan 3 uzaklık ölçüsünden bahsedilmiştir. Bunlar; Öklid uzaklığı, Manhattan uzaklığı ve Chebyshev uzaklık ölçüleridir. En çok kullanılan uzaklık ölçüsünün ise öklid uzaklığının olduğu belirtilmiştir [11].

K-en Yakın Komşu algoritmasında eğitim olayı olmamaktadır. Avantajlarına rağmen, veri sayısının artmasıyla yüksek bellek alanına ihtiyaç duymakta, işlem yükü ve maliyetin önemli oranda artması algoritma performansının k komşu sayısı gibi parametreye ve özelliklere bağlı olarak etkilenmesi beraberinde dezavantajları getirmektedir [6].

Bu çalışmada Öklid, Manhattan, Minkowski ve Chebyshev uzaklık ölçüleri karşılaştırılmıştır. Öklid ile Minkowski uzaklık ölçüleri bu verilerde aynı sonuçları verdiği için minkowski uzaklık ölçüsü sonuçları ayrıca gösterilmemiştir.

Algoritmaların eğitimi için 5198 adet veri, test edilmesi için 1300 adet veri kullanılmıştır. Her veri 11 parametreden oluşmaktadır.

Regresyon skoru (R2) değerinin yüksek olması tahmin ilişkisinin ne derece kuvvetli olduğunu göstermektedir. Kappa değeri veri kümesi içerisinde tahmin edilebilen sınıflandırmalar arasındaki bir uyumu göstermektedir. 1 en iyi durumu göstermektedir.

Karmaşıklık matrisi ile performans metrikleri sonuçlarına göre en doğru cevabı verecek uzaklık ölçütü ve komşu sayısı belirlenebilir.

En yakın 30 komşuya göre manhattan uzaklık ölçüsü test verilerinde en başarılı sonuçları vermiştir. Ancak etiket değeri bilinen ve algoritmanın hiç görmediği her sınıf için 1 adet veri girişi yapıldığında 4 veri doğru tahmin edilirken, 1 adet verinin ise %50 ihtimalle doğru yada hatalı tahmin edildiği görülmüştür. Verinin daha önce etiketi bilinen veriye uzaklığına bakılarak, tahmin sonucu belirlendiği için sensör hatası veya az sayıda veri ile işlem yapılmış olması bu hatanın gerekçesi olabilmektedir. Diğer uzaklık ölçütleri de aynı veriyi hatalı tahmin etmişlerdir.

Diğer taraftan etiket değerleri bilinmeyen verilere bakıldığında ilk veri, üçüncü ve dördüncü veri tüm uzaklık ölçüsüne göre de doğru tahmin edilmiştir. İkinci veriyi ise öklid ve chebyshev uzaklık ölçütleri üçüncü etikete dahil ederken, manhattan uzaklık ölçütü ise dördüncü etikete dahil etmiştir.

Kaynakça

- [1] Ünüvar, E., Gül, E., Aydın, M. Ş., & Kalyoncu, M., (2019), Investigation of the Effect of Intake and Exhaust Valve Dimensions on Performance for Heavy Duty Vehicle Air Compressors, The International Aluminium-Themed Engineering and Natural Sciences Conference, "IATENS-2019" Seydişehir/ KONYA
- [2] Anonymous, (2020), Heavy Vehicle Air Compressor Pictures, <https://moto-press.pl/en/vaden-original.html> ,[Ziyaret tarihi : 10 Eylül 2020]
- [3] Anonymous, (2008), Health Check For Your Air Compressor, Knorr-Bremse, Service Instructions.
- [4] Anonymous, (2010), Bendix 720cc Twin Cylinder Compressor For International Maxxforce Big Bore Engines, SD-01-3131. Service Data
- [5] Cömert, B., (2016), Alın Bölgesinden Alınan Elektrookülogram (EOG) İşaretleri İçin Ölçüm Devresi Tasarımı Ve Sınıflandırılması, (Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Taşçı E., & Onan, A. (2016). K-en Yakın Komşu Algoritması Parametrelerinin Sınıflandırma Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Akademik Bilişim.
- [7] Kaya, D., Türk, M., & Kaya, T. (2018), En Yakın Komşu Algoritması Kullanılarak EEG Sinyallerine Boyut Azaltmanın Etkilerinin İncelenmesi. El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 5(2), 591-595.
- [8] Aydın, D. B., (2016), Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde İdrar Yolu Enfeksiyonunu Tanımlama İçin Yapay Sinir Ağı Tabanlı Bir Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi ,(Yüksek Lisans Tezi), Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [9] Aydın, M. Ş., Ünüvar, E., & Kalyoncu, M. (2019), Bir Ağır Vasıta Hava Kompresörünün Performansının Deneysel olarak İncelenmesi, International Symposium on Automotive Science and Technology, ISASTECH 2019.
- [10] Anonymous, (2020), Twin-Cylinder Compressor, [https://www.wabcocustomercentre.com/catalog/tr_TR/9125101040?cartID=\)](https://www.wabcocustomercentre.com/catalog/tr_TR/9125101040?cartID=)), [Ziyaret tarihi : 10 Eylül 2020]
- [11] Başarın, E. E., Ekmekcioğlu, O., & Ozger, M., (2019), Makine Öğrenmesi Yöntemleri İle Kuraklık Analizi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 25(8).

Modeling of Biosorption of Arsenic (V) On Waste Orange Peel Derived Graphene-Like Porous Carbon by Artificial Neural Network Approach

Ceren Karaman¹

¹Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Electricity and Energy, Antalya, Turkey. (ORCID: 0000-0001-9148-7253)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803101)

ATIF/REFERENCE: Karaman, C. (2020). Modeling of Biosorption of Arsenic (V) On Waste Orange Peel Derived Graphene-Like Porous Carbon by Artificial Neural Network Approach. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 91-100.

Abstract

The main threats from heavy metals specifically arsenic-contaminated drinking water have been emerging as an environmental and social crucial issue. Herein, the arsenic (V) (As(V)) biosorption performance of waste orange peel (OP) driven-graphene-like porous carbon (GPC) was investigated experimentally and an artificial neural network (ANN) approach was used to model the biosorption process. The initial pH (2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, and 10.0), initial As(V) concentration (25.0, 50.0, 100.0, 250.0, 500.0 and 750.0 mg.L⁻¹), biosorbent dosage (1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 g.L⁻¹), and contact time (0– 120.0 min) were investigated to optimize the biosorption process. The as-synthesized GPC biosorbents with a high specific surface area (985 m².g⁻¹) and pore volume (1.04 cm³.g⁻¹) offered superior removal efficiency as 88.2% (equilibrium uptake capacity of 46.5 mg.g⁻¹) at initial pH 6.0, initial As(V) concentration 100 mg.L⁻¹, and biosorbent dosage 2.0 g.L⁻¹. A three-layer ANN model was developed to forecast the Ar(V) biosorption performance of GPCs. Several experimental data points were considered as test data to validate the ANN model. The ANN model was performed with the Levenberg-Marquardt algorithm (LMA), linear transfer function (purelin) at the output layer, and a tangent sigmoid transfer function (tansig) in the hidden layer with 12 neurons. The values of coefficient of determination and mean squared error were calculated to be 0.9858 and 0.0014, respectively. The results revealed that the experimental data were in accordance with ANN-driven data as well as revealing the high accuracy of the ANN approach in estimating the target variable. The developed ANN model is useful for the optimization of process conditions for pilot-scale utilization of As(V) biosorption process by GPC.

Keywords: Agricultural Waste, Arsenic(V) removal, Artificial Neural Network (ANN), Biosorption, Modeling, Orange Peel

Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı ile Atık Portakal Kabuğundan Elde Edilen Grafen Benzeri Gözenekli Karbon Üzerinde Arsenik (V) Biyosorpsiyonunun Modellenmesi

Öz

Özellikle arsenikle kirlenmiş içme suyundan kaynaklanan ana tehditler, çevresel ve sosyal olarak önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Burada, atık portakal kabuğundan (OP) üretilmiş grafen benzeri gözenekli karbonun (GPC) arsenik (V) (As (V)) biyosorpsiyon performansı deneysel olarak incelenmiş ve biyosorpsiyon prosesini modellemek için yapay bir sinir ağı (YSA) yaklaşımı kullanılmıştır. Biyosorpsiyon prosesini optimize etmek için başlangıç pH'ı (2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 10.0), başlangıç As (V) konsantrasyonu (5.0, 25.0, 50.0, 100.0, 250.0, 500.0 ve 750.0 mg.L⁻¹), biyosorbent dozu (1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 g.L⁻¹) ve temas süresi (0– 120.0 dakika) parametreleri incelenmiştir. Yüksek spesifik yüzey alanine (985 m².g⁻¹) ve gözenek hacmine (1.04 cm³.g⁻¹) sahip GPC biyosorbentleri, 6.0 başlangıç pH değerinde, 2.0 g.L⁻¹ biyosorbent dozunda ve 100 mg.L⁻¹ başlangıç As(V) konsantrasyonunda, % 88.2 giderim verimi (denge biyosorpsiyon kapasitesi; 46.5 mg.g⁻¹) ile üstün biyosorpsiyon kapasitesi göstermişlerdir. Bu çalışmada,

¹ Corresponding Author: Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Electricity and Energy, Antalya, Turkey. (ORCID: 0000-0001-9148-7253), cerenkaraman@akdeniz.edu.tr

GPC'lerin Ar (V) biyosorpsiyon performansının modellenmesinde üç katmanlı bir YSA modeli geliştirilmiştir. YSA modelini doğrulamak için elde edilen deneysel veriler, YSA modelinde test verileri olarak kullanıldı. YSA modeli, Levengberg-Marquardt (LMA) algoritması, çıktı katmanında lineer transfer fonksiyonu (purelin) ve 12 nöronlu gizli katmanda tanjant sigma transfer fonksiyonu (tansig) ile gerçekleştirildi. Sonuçlar, deneysel verilerin YSA temelli verilerle uyum içerisinde olduğunu ve YSA yaklaşımının hedef değışkeni tahmin etmedeki yüksek doğruluğunu ortaya koydu. Geliştirilen YSA modeli, GPC tarafından As (V) biyosorpsiyon işleminin pilot ölçekli kullanımı için işlem koşullarının optimizasyonu için yararlıdır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal Atık, Arsenik(V) giderimi, Yapay Sinir Ağları, Biyosorpsiyon, Modelleme, Portakal Kabuğu.

1. Introduction

Arsenic has been recognized as one of the most hazardous metalloids being part of earth crust and leads to water resources contamination (Irem et al., 2017). Drinking water contamination by arsenic is a crucial issue due to its toxic nature causing cancer or other chronic diseases (Chattopadhyay et al., 2020). Arsenic can be found in natural water as arsenite (As(III)) and arsenate (As(V)). While As(V) are stable in oxygen-rich aerobic environments, As(III) predominate in reducing anaerobic environments such as deep groundwater (Khaskheli et al., 2011). World Health Organization (WHO) has reported arsenic due to its superb toxicity as a Class-I toxicant and set the permissible limit of 10 ppb in drinking water (WHO, 2011). Hence, it is crucial to provide the use of safe drinking water and to meet the water quality standards by developing a new treatment system that can effectively remove the arsenic from aqueous media. In addition to conventional technologies (like coagulation, flocculation, precipitation, ozonation, ion exchange, membrane filtration, etc.) to contribute to the total solution of this problem, several treatment technologies have gained prominences, such as membrane processes, electrochemical techniques, photocatalytic oxidation/degradation, adsorption and combined methods (Kodal and Aksu, 2017, Omwene et al., 2019). Amongst them, adsorption processes have gained prominence since they have high removal efficiency and can be scaled-up (Almasri et al., 2018). Although there are various types of biosorbents, it is important to develop novel biosorbents produced from natural sources or wastes. So far, there have been plenty of studies that have investigated alternative cost-effective and eco-friendly biosorbents. Most recently, agricultural wastes such as waste tea (Çelebi, 2020), coconut shell (Chandana et al., 2020), shrimp shells (He et al., 2020), fungal biomass (Rozman et al., 2020), cherry stones (Ebrahimi et al., 2019), sugar cane bagasse (Guo et al., 2020), coffee bean husk (Tran et al., 2020), rice husk (Ma et al., 2019), etc. have been considered as the most promising candidate for an alternative low-cost, non-toxic, and efficient biosorbents. Owing not only to its high content of different functional groups, such as carboxyl and hydroxyl groups but also to its lignocellulosic content such as of lignin, cellulose, hemicellulose, pectin, etc., waste orange peels can also be used as a satisfactory biosorbent (Liang et al., 2009; Lu et al., 2009; Pathak et al., 2016).

In biosorption process, more experiments mean more precious knowledge on the fundamental understanding of the process. However, in practice, such number of the experimental evaluations are not always possible. Hence, in particular, for large-scale applications, it is important to develop a smart tool for comprehending and forecasting the adsorption capacities of the biosorbents without conducting redundant experiments. Recently, Smart models including random forest (RF), adaptive Neuro-fuzzy inference system (ANFIS), least squares support vector machines (LS-SVM), and artificial neural network have received extensive attention thanks to their unique features (Ghaedi et al, 2014a; Ghaedi et al, 2014b; Nia et al., 2014; Asfaram et al., 2016). Amongst them, ANN is a modeling method that computes the input values by some internal mathematical functions for both linear and non-linear systems to obtain the output values. The capability of approximation arbitrarily complex correlations without exhaustive knowledge of the process is the unique feature of the ANN model (Aghav et al., 2011). In chemical engineering, ANN as a state-of-art tool has also been successfully utilized for modeling of the adsorption equilibrium of solid-liquid systems (Dutta et al., 2010; Elemen et al., 2012), besides former uses such as prediction of activity coefficients of aromatic compounds (Chow et al., 1995), modeling of kinetics of catalytic hydrogenation reaction (Molga et al., 1997), and solubility of proteins (Naik et al., 2005). The performance of the developed ANN model strongly depends on variables such as the number of hidden layers and output layer, the nature of the transfer function, etc. Hence, it is crucial to determine each variable logically. Thanks to its interconnected nature composed of nodes (neurons) and connections (weights), it is possible to obtain complex relationships between independent and dependent variables (Beale et al., 2012).

Bearing all in mind, in this study, it was aimed to develop a cost-natural and locally available biosorbent for As(V) removal from drinking water. Although there has been numerous of investigation about the utilization of orange peel driven adsorbents/biosorbents for removal of heavy metal ions, as far as we know, this work is unique as it is the first time the modeling of biosorption of As(V) onto orange peel-driven biosorbents by using the artificial neural network model. In this work, the three-layer ANN model, which consists of an input layer, hidden layer, and output layer, with an LMA algorithm in MATLAB environment has been used for the estimation of arsenate removal efficiency of GPC. The effect of initial pH, biosorbent dosage (g.L^{-1}), initial arsenate concentration (mg.L^{-1}), and the contact time (min) on As(V) removal efficiency have been examined in a batch adsorption system and optimum experimental conditions have been ascertained. Subsequently, these experimental data set have been used for the training of the ANN model. The input parameters used for training of the ANN are initial pH, contact time (min), initial As(V) concentration (mg.L^{-1}), and biosorbent dosage (g.L^{-1}) whereas the removal efficiency of As(V) has been considered as an output of the model. The minimum squared error (MSE) and the determination coefficient have been calculated for forecasting the arsenate removal using the testing data set. The results have indicated there is good accordance between the experimental data and ANN-driven data. The simulations based on the developed ANN model have verified that the ANN model can successfully forecast the biosorption behavior of the As(V) removal under different conditions.

2. Material and Method

2.1. Preparation of Arsenate Solution

Arsenate solutions with initial As(V) concentration range between 25-750 mg.L⁻¹ were obtained by diluting the 1000 mg.L⁻¹ stock solution of As(V) prepared by sodium arsenate (Na₂HAsO₄.7H₂O). The initial pH (ranged between 2.0-10.0) of As(V) solutions were set by using 0.1 N HCl and 0.1 N NaOH solution before introducing the biosorbent.

2.2. Biosorbent Preparation

The waste orange peels were obtained from the BELSO fruit juice production facility Ankara, Turkey, and they were washed with a large volume of tap water, followed by deionized (DI) water. Afterward, they dried in a vacuum oven at 70 °C for 24 h. After ball milling, the biosorbents with lower than *ca.* 300 µm particle size were stored in airtight containers ready for further uses and labeled as dried orange peel (DOP).

GPCs were synthesized from waste orange peel by a two-step synthesis route consisting of thermal annealing and chemical activation. Firstly, the DOP was carbonized at 400 °C under inert nitrogen (N₂) atmosphere for 2 h in a tubular furnace. Subsequently, the as-carbonized DOP powder was mixed with KOH at a mass ratio of 1:2 followed by thermal annealing at 850 °C for 2 h under inert N₂ atmosphere. The obtained product was washed with 0.1 M hydrochloric acid (HCl) and DI water repeatedly until neutral pH to remove inorganic salts. Subsequently, the product was dried at a vacuum oven 70 °C for 24 h, and labeled as graphene-like porous carbon (GPC), stored in a desiccator until use.

2.3. Physicochemical Characterization of Biosorbent

The surface morphologies of samples were characterized by field-emission scanning electron microscope (FE-SEM) (Hitachi S-4900) operating at 5.0 kV, and transmission electron microscope (TEM, JEM-1400F, JEOL) at 120 kV. The Brunauer–Emmett–Teller (BET) surface areas of samples were calculated by the N₂ adsorption/desorption measurements (at 77 K) were performed by Quantachrome Nova 2200 automated surface area analyzer (Quantachrome Corporation, USA) whereas the pore size distributions (PSD) were measured adopting the Barrett-Joyner-Halenda (BJH) method.

2.4. Batch Biosorption Studies

Biosorption studies were conducted by a typical batch process in an Erlenmeyer flask (250 mL) containing 100 mL of arsenate solution. The test samples were agitated in an incubator at a shaking rate of 100 rpm at room temperature of 25 ± 2 °C. The initial pH of the test solution, biosorbent dosage, initial As(V) concentration, and contact time were investigated for their effects on the removal of arsenate. The ranges of investigated biosorption operating condition variables were presented in Table 1.

For biosorption studies, a certain amount of GPC (Table 1.) was added to 100 mL of pH-adjusted As(V) test solution, and this moment was noted as *t*₀. Afterward, at pre-determined contact time intervals (Table 1), periodically 5.0 mL of arsenate bearing suspensions were taken from the biosorption system and centrifugated at 4000 rpm for 10 min. The remaining As(V) concentration was determined by the atomic absorption spectrometer (AAS) with a flow injection system.

Table 1. Range of biosorbition operating condition variables

Operating condition variable	Range
Initial pH of the test solution	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 10.0
Initial As(V) concentration (mg.L ⁻¹)	25.0, 50.0, 100.0, 250.0, 500.0, 750.0
Biosorbent dosage (g.L ⁻¹)	1.0, 2.0, 3.0, 4.0 5.0
Contact time (min)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 90, 120

2.4.1. Evaluation of Biosorption Performance of GPC

The biosorption capacity q (mg.g^{-1}) (Eq. 1), and removal efficiency % (Eq. 2) values of the GPC were calculated from the arsenate concentrations in water before and after biosorption. All the biosorption experiments were conducted triple to verify the repeatability and accuracy, and the average of them was used for further calculations.

$$q = \frac{(C_0 - C)}{X} \quad (1)$$

$$\text{removal efficiency \%} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

Where C_0 (mg.L^{-1}) is the initial arsenate concentration; C (mg.L^{-1}) is the residual arsenate concentration at any time of the biosorption process; X is the biosorbent dosage (g.L^{-1}); t is the time (min).

2.4.2. Effect of Initial pH

The effect of initial pH of the test solution ranging between 2.0 and 10.0 (Table 1) on the biosorption of As(V) ion was investigated while the other experimental operating condition variables were maintained constant at initial As(V) concentration of 100.0 mg.L^{-1} , biosorbent dosage of 1.0 g.L^{-1} , and contact time 120 min.

2.4.3. Effect of Initial As(V) Concentration

The effect of initial arsenate concentration ranging between 25.0 mg.L^{-1} and 750.0 mg.L^{-1} (Table 1) on the biosorption of As(V) ion was studied at the initial pH of 6.0, biosorbent dosage of 1.0 g.L^{-1} , and contact time over 120 min.

2.4.4. Effect of Contact Time

The effect of contact time was investigated from 0 min to 120 min for initial As(V) concentration range of 25.0 to 750.0 mg.L^{-1} at pH 6.0, and biosorbent dosage of 1.0 g.L^{-1} .

2.4.5. Effect of Biosorbent Dosage

The influence of biosorbent dosage changing between 1.0 - 5.0 g.L^{-1} (Table 1) on the removal of As(V) was examined at initial pH of 6.0, initial As(V) concentration of 100.0 mg.mL^{-1} , and the contact time of 120 min.

2.4. Artificial Neural Network Modeling

The three-layer ANN model (Figure 1.), with a tangent sigmoid transfer function (tansig) in the hidden layer, a linear transfer function (purelin) at the output layer and a backpropagation learning algorithm based on the Levenberg-Marquardt algorithm with 1000 iterations was used to forecast the biosorption performance by using the neural network toolbox of MATLAB 9.5 (R2018b) software. The experimental data were grouped randomly into two groups as follows training data set (75 %) and testing data set (25 %). Four neurons including initial pH, initial As(V) concentration (mg.L^{-1}), biosorbent dosage (g.L^{-1}), and contact time (min), 1-20 neurons in the hidden layer, and one neuron (removal %) in the output layer were used. The neurons of each layer are interconnected with weights, in which each processing element is multiplied by its corresponding weight factor, and then added to a neuron's internal threshold (named bias) (Figure 1.). The net input passed through linear/non-linear transfer functions to produce a single output of the neuron (Mustafa et al., 2014; Fawzy et al., 2018). All the data were normalized in the range of 0-1 to prevent numerical overflows due to a very large of small weights.

The performance of the ANN model was evaluated by the minimum mean squared error (MSE) (Eq.3), and the coefficient of determination (R^2) (Eq.4) between the predicted output and the actual target.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|y_{prd,i} - y_{exp,i}|)^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_{prd,i} - y_{exp,i})}{\sum_{i=1}^N (y_{prd,i} - y_M)} \quad (4)$$

where $y_{prd,i}$ is the predicted value by ANN model, $y_{exp,i}$ is the experimental value, y_M is the average of experimental value, and N is the number of data.

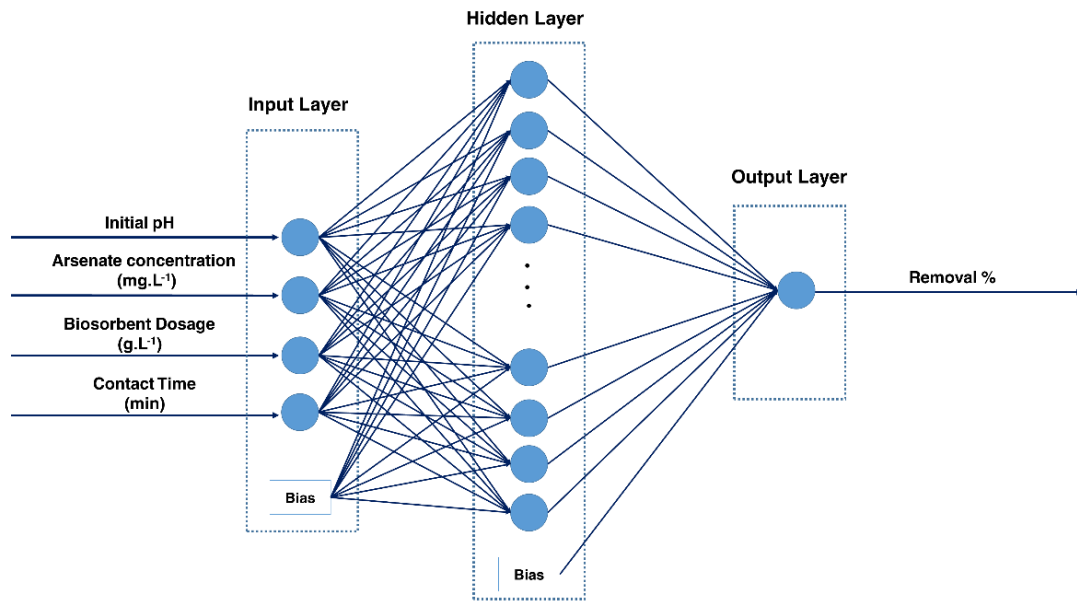


Figure 1. Structure of developed artificial neural network model

3. Results and Discussion

3.1. Physicochemical Characterization of Biosorbent

The morphologies of as-prepared samples were investigated by the SEM and TEM analysis (Figure 2). Although DOP (Figure 2a) presented irregular shape bulk-like carbon monoliths with a relatively smooth surface, GPC (Figure 2b) exhibited a graphene-like silky porous network abundant micro and mesoporous structure. The low-resolution TEM image of GPC (Figure 2c) proved that porous structure and graphitized DOP into the atomic-thick layered carbonaceous material. The TEM image of GPC revealed the fluffy graphene-like structure due to bundles of crumple.

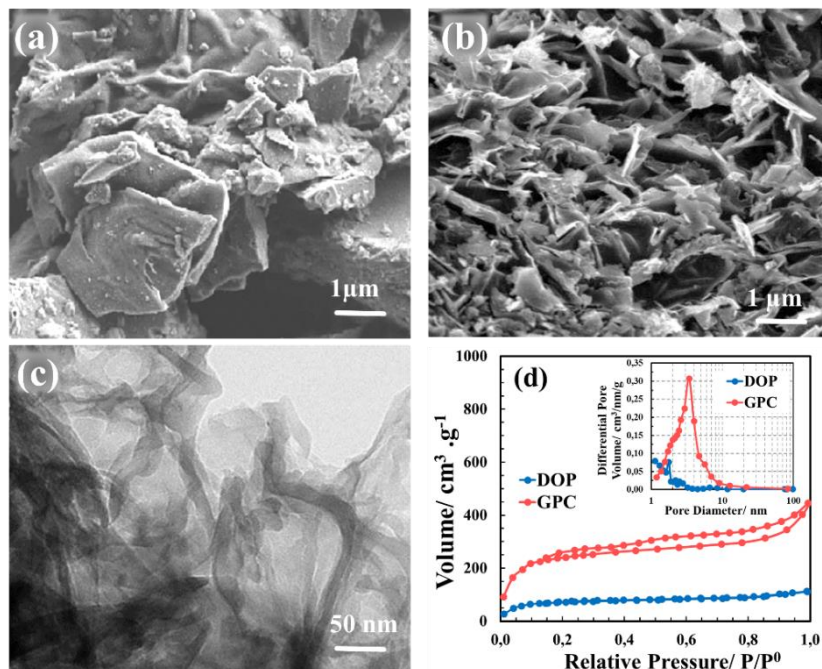


Figure 2. FE-SEM images of (a) DOP and (b) GPC, (c) TEM image of GPC, (d) N_2 adsorption/desorption isotherms (inset the BJH pore size distributions) of DOP and GPC

The porous structures of the DOP and GPC were analyzed by the N_2 adsorption/desorption isotherms (Figure 2d). While DOP presented essentially a Type-I isotherm which confirms the presence of dominant microporous structure (Meng et al., 2017), GPC exhibited type-IV isotherm with an H4 type hysteresis loop (Karaman et al., 2020). The pore size distribution curves (inset of Figure 2d) verified both the microporous structure of DOP and micro and mesoporous structure of GPC. As presented in Table 2, the specific BET surface area

(S_{BET}) of GPC ($985 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) was almost 8-9 times higher than that of DOP ($102.0 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$). Additionally, the well-ordered pore structure and the large pore volume ($1.04 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) of GPC was predicted to favor the biosorption of As(V).

Table 2. Physicochemical parameters obtained from N_2 adsorption/desorption isotherms of DOP and GPC samples

Sample ID	S_{BET} $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	V_{micro} $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	V_{meso} $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	V_{total} $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	V_{micro} %	V_{meso} %
DOP	102.0	0.10	0.05	0.14	67.38	32.62
GPC	985.0	0.41	0.63	1.04	39.85	60.15

3.2. Batch Biosorption Studies

3.2.1. Effect of Initial pH

The solution pH can affect the protonation of surface functional groups besides the dissociation of the molecules (Das et al., 2007; Su et al., 2010). The pH dependence of the biosorption capacity of GPC was investigated between the pH range out from 2.0 to 10.0 at $100.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ initial As(V) concentration, biosorbent dosage of $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ over 120 min of contact time. The highest removal capacity of GPC was obtained at pH 6.0 as *ca.* $71.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (Figure 3). In alkaline media (pH > 7.0), the As(V) biosorption capacity of the GPC decreased since there was probably a competition between the $-\text{OH}$ ions and As(V) oxyanions for active sites (Abid et al., 2016; Rahaman et al., 2008). On contrary, at neutral pH values, it could be put forth that there would not be a competition between the $-\text{OH}$ or carbonyl groups with the arsenate ions. Hence, it was suggested that the biosorption of As(V) on to GPC probably result in electrostatic interaction between and ion-exchange or complexation between biosorbent and As(V).

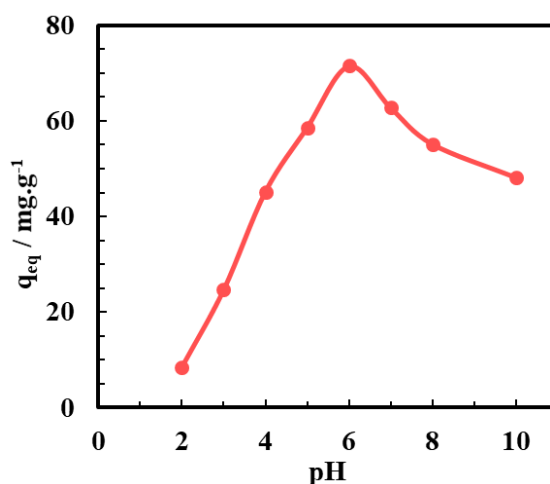


Figure 3. Effect of the initial pH on the equilibrium uptake of As(V) ($C_o=100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $X=1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; $t=120 \text{ min}$).

3.2.2. Effect of Initial As(V) Concentration and Contact Time

The biosorption behavior of GPC was monitored for initial As(V) concentration ranging from 25.0 to $750 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ at optimum pH of 6.0 and over 120 min contact time. The biosorption behavior of GPC depending on the initial As(V) concentration and contact time was depicted in Figure 4. Biosorption on GPC was enhanced significantly by increasing the initial As(V) concentration tending to saturation at higher concentrations. The equilibrium time of the biosorbent is important to design a cheap and effective biosorption system. Figure 4a exhibited the effect of contact time on biosorption level over 120 min. At the beginning of the biosorption process, the uptake capacity of the biosorbent increased with the contact time linearly and sharply due to more vacant active sites leading to an acceleration of mass transfer of As(V) ions. Then, around 20 min the biosorption curve reached a plateau. It was realized that the majority of As(V) biosorption (*ca.* 80-90 %) on GPC took place within the first 20 min of the whole process and at the end, the biosorbent achieved saturation called equilibrium (q_{eq}). Thanks to its high specific surface area, number of active sites, and the total pore volume and highly-ordered pore size distribution GPC presented high removal efficiency of As(V). Increasing the As(V) concentration provided a considerable driving force to eliminate the effect of mass transfer resistances of the As(V) between solid-liquid interfaces. Moreover, the number of interactions between the biosorbent and the biosorbate relatively increased by the initial As(V) concentration, which boosted the removal capacity of the biosorbent. However, increasing the As(V) concentration diminished the removal efficiency (%) since the active sites of the biosorbent became almost filled (Figure 4b).

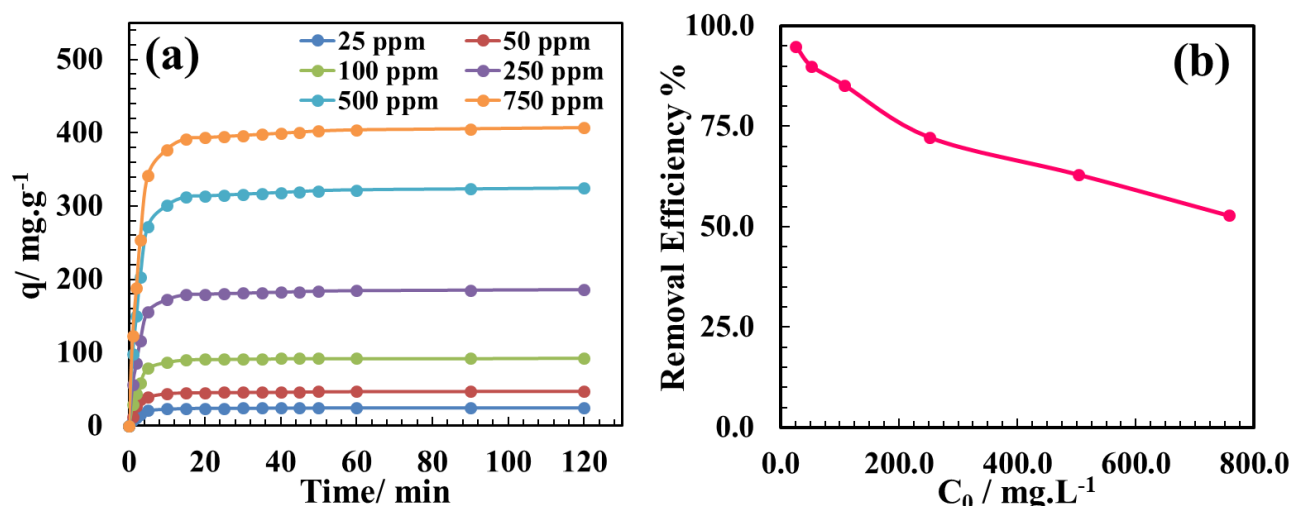


Figure 4. (a) Effects of contact time (min) (b) Effects of initial As(V) concentration (C_0 ; $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (ppm)) on uptake of As(V) (initial $\text{pH}=6.0$, $X=1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)

3.2.3. Effect of Biosorbent Dosage

The effect of biosorbent dosage on As(V) removal was investigated at $\text{pH} 6.0$ over 120 min for $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ initial As(V) concentration. Figure 5. demonstrated that the biosorbent mass fraction directly affected the As(V) removal. It was found that the removal efficiency was increased rapidly from 85.2% to 90.4 % with an increasing amount of biosorbent till $5.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ thanks to the high number of available vacant active sites. Hence, both the diffusion of As(V) ions to the surface of biosorbent and the removal percentage of As(V) was enhanced. However, there was not a significant difference in removal efficiency between $2.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ and $5.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ biosorbent dosage. Thus, from an economical point of view, $2.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ can be selected as an optimum biosorbent dosage for this system.

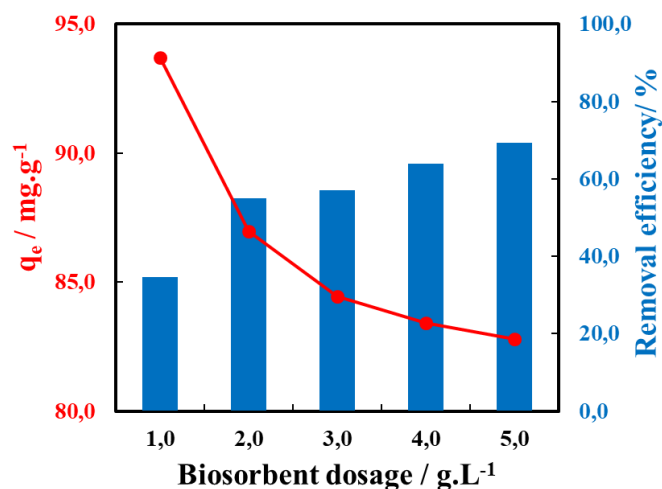


Figure 5. Effects of biosorbent dosage ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) on uptake of As(V) (initial $\text{pH}=6.0$, $C_0=100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $t=120 \text{ min}$)

3.4. Artificial Neural Network Modeling

The three-layer ANN model was used for modeling the biosorption of As(V) onto GPC. The as-obtained experimental data at different operating conditions (Table 1) were applied to train and validate the developed ANN model. The Levenberg-Marquardt algorithm with 100 iterations, "tansig" transfer function for the hidden layer, and a "purelin" transfer function at the output layer were used in the ANN model. The optimal number of hidden neurons was evaluated by the maximization of the coefficient of determination and minimizing MSE of the testing data set (Figure 6.) The results proved that the performance of ANN is depended on the number of neurons in the hidden layer (Table 3). As can be seen from Figure 6., there was a sharp decrease in MSE was detected with an increase in the number of neurons in the hidden layer. The minimum MSE value was calculated to be 0.0014 whereas the maximum R^2 was obtained as 0.9858 by using 12 hidden neurons. Hence, the ANN model containing the hidden layer with 12 neurons was selected as the optimum model for forecasting of biosorption behavior of As(V) onto GPC, and this was used for further analysis.

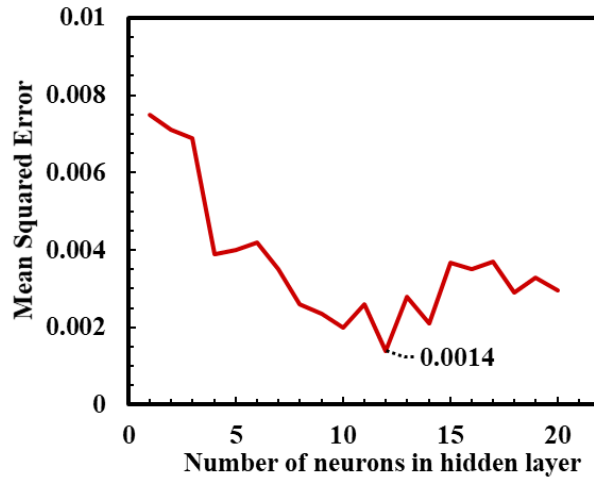


Figure 6. The relation between the MSE and number of neurons in the hidden layer of the developed ANN model

Table 3. The analogy of 20 neurons in the hidden layer for removal efficiency by the ANN model developed with the Levenberg–Marquardt algorithm.

Number of Neurons	MSE	R ²	Number of Neurons	MSE	R ²
1	0.0075	0.8444	11	0.0026	0.9446
2	0.0071	0.8526	12	0.0014	0.9858
3	0.0069	0.8573	13	0.0028	0.9357
4	0.0039	0.9183	14	0.0021	0.9243
5	0.0040	0.9115	15	0.0037	0.9165
6	0.0042	0.9116	16	0.0035	0.9105
7	0.0035	0.9277	17	0.0037	0.9106
8	0.0026	0.9525	18	0.0029	0.9405
9	0.0023	0.9467	19	0.0033	0.9117
10	0.0020	0.9594	20	0.0030	0.9395

Figure 7a. represented the mean squared error values versus the number of epochs for the optimized ANN model. It was observed that after almost 140 epochs the MSE was not changed significantly, so the training was stopped. Figure 7b. presented a comparison between the experimental and ANN-driven predicted values of the normalized output variable for As(V) biosorption on GPC at the optimum operating conditions. The results confirmed that the developed model is quite satisfactory.

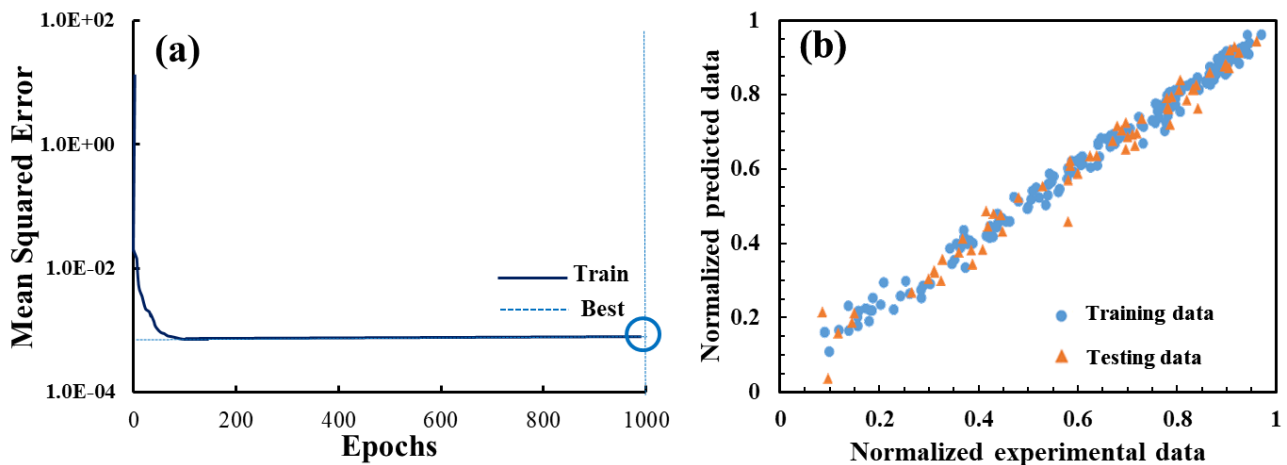


Figure 7. (a) MSE versus the number of epochs (b) the normalized experimental data versus the normalized predicted data

4. Conclusions

Herein, the graphene-like porous carbon with high specific surface area and pore volume was produced from waste orange peel via an eco-friendly, low-cost production pathway, and the potential application as biosorbent for As(V) removal was investigated. The batch biosorption studies were conducted to investigate the effect of initial pH, initial arsenate concentration, contact time, and biosorbent dosage on the removal efficiency of the biosorbents. The optimum pH and the biosorbent dosage were found to be 6.0 and 2.0 g.L⁻¹, respectively. It was observed that ca. > 88% of As(V) could be successfully removed from aqueous solution. Furthermore, the biosorption performance of graphene-like porous carbon was forecasted by applying a three-layer ANN with 12 neurons in the hidden layer, using the Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm. The outputs of the developed model were in accordance with the experimental values. The results obtained from the ANN model revealed that the values of R² and MSE were calculated to be 0.9858 and 0.0014, respectively. The results confirmed that the as-prepared GPC could be applied as a low-cost agricultural waste driven biosorbent as an alternative to commercially available adsorbents for the removal of As(V) from water/wastewater. Moreover, it was concluded that the developed ANN model could be utilized in future studies to optimize and to enhance the removal efficiency of effluents by biosorption under different operating conditions.

References

- Abid, M., Niazi, N. K., Bibi, I., Farooqi, A., Ok, Y. S., Kunhikrishnan, A., ... & Arshad, M. (2016). Arsenic (V) biosorption by charred orange peel in aqueous environments. *International journal of phytoremediation*, 18(5), 442-449.
- Aghav, R. M., Kumar, S., & Mukherjee, S. N. (2011). Artificial neural network modeling in competitive adsorption of phenol and resorcinol from water environment using some carbonaceous adsorbents. *Journal of hazardous materials*, 188(1-3), 67-77.
- Almasri, D. A., Rhadfi, T., Atieh, M. A., McKay, G., & Ahzi, S. (2018). High performance hydroxyiron modified montmorillonite nanoclay adsorbent for arsenite removal. *Chemical engineering journal*, 335, 1-12.
- Asfaram, A., Ghaedi, M., Azghandi, M. A., Goudarzi, A., & Dastkhoo, M. (2016). Statistical experimental design, least squares-support vector machine (LS-SVM) and artificial neural network (ANN) methods for modeling the facilitated adsorption of methylene blue dye. *RSC advances*, 6(46), 40502-40516.
- Beale, M. H., Hagan, M. T., & Demuth, H. B. (2012). Neural network toolbox™ user's guide. In *R2012a, The MathWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive Natick, MA 01760-2098, www.mathworks.com*.
- Chandana, L., Krushnamurty, K., Suryakala, D., & Subrahmanyam, C. H. (2020). Low-cost adsorbent derived from the coconut shell for the removal of hexavalent chromium from aqueous medium. *Materials Today: Proceedings*, 26, 44-51.
- Chattopadhyay, A., Singh, A. P., Singh, S. K., Barman, A., Patra, A., Mondal, B. P., & Banerjee, K. (2020). Spatial variability of arsenic in Indo-Gangetic basin of Varanasi and its cancer risk assessment. *Chemosphere*, 238, 124623.
- Chow, H., Chen, H., Ng, T., Myrdal, P., & Yalkowsky, S. H. (1995). Using backpropagation networks for the estimation of aqueous activity coefficients of aromatic organic compounds. *Journal of chemical information and computer sciences*, 35(4), 723-728.
- Çelebi, H. (2020). Recovery of detox tea wastes: Usage as a lignocellulosic adsorbent in Cr6+ adsorption. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 104310.
- Das, S. K., Das, A. R., & Guha, A. K. (2007). A study on the adsorption mechanism of mercury on *Aspergillus versicolor* biomass. *Environmental science & technology*, 41(24), 8281-8287.
- Dutta, S., Parsons, S. A., Bhattacharjee, C., Bandhyopadhyay, S., & Datta, S. (2010). Development of an artificial neural network model for adsorption and photocatalysis of reactive dye on TiO₂ surface. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8634-8638.
- Ebrahimi, B., Mohammadiazar, S., & Ardalan, S. (2019). New modified carbon based solid phase extraction sorbent prepared from wild cherry stone as natural raw material for the pre-concentration and determination of trace amounts of copper in food samples. *Microchemical Journal*, 147, 666-673.
- Elemen, S., Kumbasar, E. P. A., & Yapar, S. (2012). Modeling the adsorption of textile dye on organoclay using an artificial neural network. *Dyes and Pigments*, 95(1), 102-111.
- Fawzy, M., Nasr, M., Nagy, H., & Helmi, S. (2018). Artificial intelligence and regression analysis for Cd (II) ion biosorption from aqueous solution by *Gossypium barbadense* waste. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 5875-5888.
- Ghaedi, M., Hosaininia, R., Ghaedi, A. M., Vafaei, A., & Taghizadeh, F. (2014a). Adaptive neuro-fuzzy inference system model for adsorption of 1, 3, 4-thiadiazole-2, 5-dithiol onto gold nanoparticles-activated carbon. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 131, 606-614.
- Ghaedi, M., Ghaedi, A. M., Abdi, F., Roosta, M., Sahraei, R., & Daneshfar, A. (2014b). Principal component analysis-artificial neural network and genetic algorithm optimization for removal of reactive orange 12 by copper sulfide nanoparticles-activated carbon. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(3), 787-795.
- Guo, Y., Tan, C., Sun, J., Li, W., Zhang, J., & Zhao, C. (2020). Porous activated carbons derived from waste sugarcane bagasse for CO₂ adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 381, 122736.
- He, C., Lin, H., Dai, L., Qiu, R., Tang, Y., Wang, Y., ... & Ok, Y. S. (2020). Waste shrimp shell-derived hydrochar as an emergent material for methyl orange removal in aqueous solutions. *Environment international*, 134, 105340.
- Irem, S., Islam, E., Mahmood Khan, Q., Anwar ul Haq, M., & Jamal Hashmat, A. (2017). Adsorption of arsenic from drinking water using natural orange waste: kinetics and fluidized bed column studies. *Water Science and Technology: Water Supply*, 17(4), 1149-1159.
- Khaskheli, M. I., Memon, S. Q., Siyal, A. N., & Khuhawar, M. Y. (2011). Use of orange peel waste for arsenic remediation of drinking water. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 423.

- Karaman, C., Aktas, Z., Bayram, E., Karaman, O., & Kızıl, Ç. (2020). Correlation Between the Molecular Structure of Reducing Agent and pH of Graphene Oxide Dispersion On the Formation of 3D-Graphene Networks. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*.
- Kodal, Süheyla Pınar, and Zümriye Aksu. "Cationic surfactant-modified biosorption of anionic dyes by dried *Rhizopus arrhizus*." *Environmental technology* 38, no. 20 (2017): 2551-2561.
- Liang, S., Guo, X., Feng, N., & Tian, Q. (2009). Application of orange peel xanthate for the adsorption of Pb²⁺ from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 170(1), 425-429.
- Lu, D., Cao, Q., Li, X., Cao, X., Luo, F., & Shao, W. (2009). Kinetics and equilibrium of Cu (II) adsorption onto chemically modified orange peel cellulose biosorbents. *Hydrometallurgy*, 95(1-2), 145-152.
- Ma, J., Li, T., Liu, Y., Cai, T., Wei, Y., Dong, W., & Chen, H. (2019). Rice husk derived double network hydrogel as efficient adsorbent for Pb (II), Cu (II) and Cd (II) removal in individual and multicomponent systems. *Bioresource technology*, 290, 121793.
- Meng, Q., Qin, K., Ma, L., He, C., Liu, E., He, F., ... & Zhao, N. (2017). N-doped porous carbon nanofibers/porous silver network hybrid for high-rate supercapacitor electrode. *ACS applied materials & interfaces*, 9(36), 30832-30839.
- Molga, E. J., & Westerterp, K. R. (1997). Neural network based model of the kinetics of catalytic hydrogenation reactions. In *Studies in Surface Science and Catalysis* (Vol. 109, pp. 379-388). Elsevier.
- Mustafa, Y. A., Jaid, G. M., Alwared, A. I., & Ebrahim, M. (2014). The use of artificial neural network (ANN) for the prediction and simulation of oil degradation in wastewater by AOP. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(12), 7530-7537.
- Naik, A. D., & Bhagwat, S. S. (2005). Optimization of an artificial neural network for modeling protein solubility. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 50(2), 460-467.
- Nia, R. H., Ghaedi, M., & Ghaedi, A. M. (2014). Modeling of reactive orange 12 (RO 12) adsorption onto gold nanoparticle-activated carbon using artificial neural network optimization based on an imperialist competitive algorithm. *Journal of Molecular Liquids*, 195, 219-229.
- Omwene, P. I., Çelen, M., Öncel, M. S., & Kobya, M. (2019). Arsenic removal from naturally arsenic contaminated ground water by packed-bed electrocoagulator using Al and Fe scrap anodes. *Process Safety and Environmental Protection*, 121, 20-31.
- Pathak, P. D., Mandavgane, S. A., & Kulkarni, B. D. (2016). Characterizing fruit and vegetable peels as bioadsorbents. *Current Science*, 2114-2123.
- Rahaman, M. S., Basu, A., & Islam, M. R. (2008). The removal of As (III) and As (V) from aqueous solutions by waste materials. *Bioresource technology*, 99(8), 2815-2823.
- Rozman, U., Kalčíková, G., Marolt, G., Skalar, T., & Gotvajn, A. Ž. (2020). Potential of waste fungal biomass for lead and cadmium removal: Characterization, biosorption kinetic and isotherm studies. *Environmental Technology & Innovation*, 100742.
- Su, T., Guan, X., Tang, Y., Gu, G., & Wang, J. (2010). Predicting competitive adsorption behavior of major toxic anionic elements onto activated alumina: A speciation-based approach. *Journal of hazardous materials*, 176(1-3), 466-472.
- Tran, T. H., Le, A. H., Pham, T. H., Nguyen, D. T., Chang, S. W., Chung, W. J., & Nguyen, D. D. (2020). Adsorption isotherms and kinetic modeling of methylene blue dye onto a carbonaceous hydrochar adsorbent derived from coffee husk waste. *Science of The Total Environment*, 725, 138325.
- World Health Organization (WHO). (2011). Guidelines for drinking-water quality. *WHO chronicle*, 38(4), pp 186.



Seviye Yoğunluk Parametresinin ²³⁵Neptinyum ²³⁷Neptinyum ²⁴¹Amerisyum ve ²⁴³Amerisyum Çekirdeklerinin Nötron Fizyonu Reaksiyonuna Ait Tesir Kesitlerine Olan Etkisinin İncelenmesi

Önder Sönmez¹, Onur Karaman²

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-00003-3356-5334)

² Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3672-1865)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803135)

ATIF/REFERENCE: Sönmez, Ö. & Karaman, O. (2020). Seviye Yoğunluk Parametresinin ²³⁵Neptinyum ²³⁷Neptinyum ²⁴¹Amerisyum ve ²⁴³Amerisyum Çekirdeklerinin Nötron Fizyonu Reaksiyonuna Ait Tesir Kesitlerine Olan Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 101-107.

Öz

Nükleer uygulamalarda kullanılan çekirdeklerin yapılarının anlaşılabilmesi için; reaksiyon hızlarının, radyoaktif çekirdeğin yarı ömürlerinin, nükleer kütlelerinin ve seviye yoğunlukları gibi kavramların anlaşılması gerekmektedir. Çekirdeğin seviye yoğunluğu ve seviye yoğunluğu parametreleri, çekirdeğin yapısal özelliklerini tanımlayabilmek gereklidir. Bu sebeple çekirdek seviye yoğunlukları ve seviye yoğunluğu parametreleri belirlenmesi, nükleer veri kütüphanelerinde deneysel verilerin zenginleşmesi, çekirdek modellerinin doğruluğunun test edilmesi ve geliştirilmesi, bilgisayar ortamında deneysel çalışmaların modellenmesi için oluşturulan programların geliştirilmesi ve test edilmesi için çok önemlidir. Bu çalışmada, MeV mertebesinde gelme enerjili nötronlar için, seviye yoğunluk parametrelerinin ²³⁵Neptinyum, ²³⁷Neptinyum, ²⁴¹Amerisyum, ²⁴³Amerisyum çekirdekleri için nötron-fisyon reaksiyonlarının tesir kesitlerine olan etkisi incelenmiştir. Farklı seviye yoğunluk parametreleri için nötron-fisyon reaksiyonlarının tesir kesitlerinin hesapları TALYS 1.8 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar EXFOR nükleer veri kütüphanesi ile karşılaştırılmış ve en yakın uyumu sağlayan seviye yoğunluk parametresi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, seviye yoğunluk parametresinin seçiminin tesir kesiti hesaplarına olan etkisi görülmüş ve ²³⁵Neptinyum, ²³⁷Neptinyum, ²⁴¹Amerisyum, ²⁴³Amerisyum çekirdeklerinin her biri için en uygun seviye yoğunluğu parametresi belirlenmiştir. Bu amaçla yürütülen çalışma sayesinde; çalışmada seçilen hedef çekirdeklerin varsayılan seviye yoğunluk modeline (CTM) bağlı olarak nükleer yapılarına -seviye yoğunluk parametresi- ait özellikleri hakkında bilgilere ulaşılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan seviye yoğunluk modeli, Gilbert – Cameron modeli olarak bilinen sabit sıcaklık fermi gaz modelidir (CTM). Fisyon reaksiyonlarının modellenmesinde, deneysel verilerle kıyaslama yapılacağından dolayı deneysel verilerin imkân verdiği ölçüde nötronların gelme enerjileri 2-20 MeV enerji aralığında seçilmiştir. Bazı analizlerde deneysel veriler 20 MeV'e kadar olmadığından bu analizlerin enerji aralığı deneysel verilere göre çalıştırılmıştır. Elde edilen hesaplama sonuçları, EXFOR (Deneysel Nükleer Veri Kütüphanesi) ve TENDL'dan erişilen deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. TALYS yazılımı hesaplamalarından elde edilen sayısal veriler MS EXCEL yardımıyla işlenmiş ve grafik ortamına aktarılmıştır. Sonuç olarak, ²³⁵Neptinyum, ²³⁷Neptinyum, ²⁴¹Amerisyum, ²⁴³Amerisyum (n,f) reaksiyonları için seviye yoğunluk parametresinin değişimi reaksiyon tesir kesitlerinin önemli ölçüde değişimine sebep olmuştur. Bu reaksiyonların laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi çok yüksek maliyet gerektirmesi ve zaman açısından oldukça zorluk barındırmasından dolayı, TALYS gibi bir nükleer reaksiyon simülasyon yazılımının sanal ortamda bu reaksiyonları çalıştırıp reaksiyon hakkında ön bilgi verebilmesi büyük bir önem teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nötron Etkili Tesir kesiti, TALYS 1.8, Seviye Yoğunluk Parametresi.

¹ Önder Sönmez: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-00003-3356-5334, ondermetu@gmail.com

Investigation of the Effect of the Level Density Parameter on the Neutron Fission Reaction Cross Section for $^{235}\text{Neptinium}$ $^{237}\text{Neptinium}$ $^{241}\text{Americium}$ and $^{243}\text{Americium}$ Nuclei

Abstract

In order to get deeper understanding of the structure of the nuclei used in nuclear applications; concepts such as reaction rates, half-life of the radioactive nucleus, nuclear masses and level densities should be understood. The level density and level density parameters of the nucleus are required to make a thorough description for the structural properties of the nucleus. For this reason, it is very significant to determine nucleus level densities and level density parameters, to enrich experimental data in nuclear data libraries, to test and improve the accuracy of nuclear models and to develop and test programs for modeling experimental studies in computer environment. In this study, for $^{235}\text{Neptinium}$, $^{237}\text{Neptinium}$, $^{241}\text{Americium}$, $^{243}\text{Americium}$ nuclei, the effect of the level density parameters on the cross sections of neutron-fission reactions was investigated for neutrons with incident energy of the MeV order. Calculations of cross sections of neutron-fission reactions for different level density parameters were calculated using TALYS 1.8 software. The calculations were compared with the EXFOR nuclear data library and the level density parameter providing the closest match was determined. As a result of the study, the effect of the choice of the level density parameter on the cross-section calculations was observed and the most suitable level density parameter was determined for each of $^{235}\text{Neptinium}$, $^{237}\text{Neptinium}$, $^{241}\text{Americium}$, $^{243}\text{Americium}$ nuclei. Through the conducted study, the information about the properties of their nuclear structures-level density parameter- depending on the default level density model (CTM) of the selected target nuclei is obtained. The level density model used in the thesis is the constant temperature fermi gas model (CTM) known as the Gilbert - Cameron model.

In modeling fission reactions, the incidence energies of neutrons have been chosen in the energy range of 2-20 MeV as experimental data allow for comparison with experimental data. Since the experimental data are not up to 20 MeV in some analyzes, the energy range of these analyzes was executed according to the experimental data. The obtained calculation results were compared with the experimental data accessed from EXFOR (Experimental Nuclear Data Library) and TENDL. The numerical output files obtained from TALYS software calculations were processed with the help of MS EXCEL and transferred to the graphic environment. As a result, the change of the level density parameter for the reactions of $^{235}\text{Neptinium}$, $^{237}\text{Neptinium}$, $^{241}\text{Americium}$, $^{243}\text{Americium}$ (n, f) caused a significant change in reaction cross sections. It is of great importance that a nuclear reaction simulation software such as TALYS can execute these reactions in a virtual environment and provide preliminary information about the reaction, since performing these reactions in the laboratory environment requires very high costs and is very difficult in terms of time.

Keywords: Neutron Induced Cross Section, TALYS 1.8, Level Density Parameter.

1. Giriş

James Chadwick'in 1932'deki nötron keşfinden sonra, nükleer bilim araştırmaları büyük önem kazanmıştır (Nesvizhevsky & Villain, 2017; Amaldi, 1984; Rogers, 2013).

Nötronun keşfinin ardından Joliot, Halban ve Kowarski deneysel olarak fisyon reaksiyonlarından ve zincir reaksiyonlarından kaynaklanan nötron çoğalmasını deneysel olarak göstermişlerdir. Bu şekilde, nükleer fizik, İkinci Dünya Savaşı'nın başında askeri bir bilim haline gelmiştir. Sonraki yıllarda, nükleer bilimdeki bu gelişmeler nükleer enerji uygulamalarına ve nötronların büyük ölçekli nötron tesislerinde önemli bilimsel araştırmalarda kullanılmasına olanak sağlamıştır (Hahn & Strassmann, 1938)

Günümüzde, nükleer enerji sistem uygulamaları için önemli olan aktinitlerin nötron etkili reaksiyonlarına yönelik çalışmalara dünya çapındaki ilgi giderek artmaktadır (Nayak & Desai, 2016; Capote ve diğerleri, 2016).

Periyodik tablo şu ana kadar tüm elementlerin belirli kurallara göre listelendiği bir tablo olup, Mendeleev tarafından ilk kez oluşturulmuş ve keşfedilen yeni elementlerin de eklenmesiyle şu anki halini almıştır. Aktinit grubu, periyodik tablonun en altında yer alan iki satırın en son satırına yerleşen aktinyum ($Z = 89$) elementiyle ile başlar Lavrensiyum ($Z = 103$) ile biter ve toplam 14 aktinit elementten oluşur (Li, 2007).

Nükleer uygulamalarda kullanılan çekirdeklerin yapılarının aydınlatılabilmesi; reaksiyon hızlarına, yarı ömürlerine ve nükleer kütlelerine olduğu kadar çekirdek reaksiyonlarında önemli bir parametre olan seviye yoğunluk parametresine de önemli ölçüde bağlıdır (Çapalı ve diğerleri, 2017; Koning ve diğerleri, 2015)

Çekirdeğin seviye yoğunluğu ve seviye yoğunluğu parametreleri, çekirdeğin yapısal özelliklerini tanımlayabilmek ve reaksiyon tesir kesiti hesapları yapabilmek için gereken bilgilerdir. Bu sebeple çekirdek seviye yoğunlukları ve seviye yoğunluğu parametreleri belirlenmesi, nükleer veri kütüphanelerinde deneysel verilerin zenginleşmesi, çekirdek modellerinin doğruluğunun test edilmesi ve geliştirilmesi, bilgisayar ortamında deneysel çalışmaların modellenmesi için oluşturulan programların geliştirilmesi ve test edilmesi için çok önemlidir (Kawano ve diğerleri, 2000).

Aktinitlerin bütün izotopları radyoaktiftir. Doğal radyoaktif elementlerden birçoğu periyodik tablonun son bölgesinde yer alan dört radyoaktif serinin içine dâhildir. Neptinyum çekirdeği (^{237}Np) ise evrenin başlangıcında var olmasına rağmen yarılanma ömrü yaklaşık 2 milyon yıl olmasından dolayı günümüzde mevcut olmayan bir çekirdektir. Günümüzde ise ^{237}Np çekirdeğini, nükleer reaktörde ortaya çıkan ^{237}Np 'in ^{241}Am 'e dönüştüğü reaksiyon zincirinde görmek mümkündür. Nükleer teknolojilerde nükleer fisyon önemli olduğu için ^{237}Np 'in ve ^{237}Np serisinin ürünleri de dikkat çekici çekirdeklerdendir (Bothe & Becker, 1930).

Periyodik cetveldeki aktinit grubu elementlerinin nötron fisyon reaksiyonlarının tesir kesit hesaplamaları daha önceki çalışmalarda:

^{237}Np izotopunun zincirleme fisyon reaksiyonu için, Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarında Escher, J. E. ve arkadaşları tarafından 2012 yılında teorik modellerin deneysel olarak test etme çalışmaları yapılmıştır (Jandel ve diğerleri, 2008). ^{241}Am çekirdeği için ileri nötron dedektörü kullanarak 0,02 eV ile 230 keV enerjileri arasında termal nötron tesir kesitinin deneysel ölçümleri Jandel, M., ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılmıştır (Tsekhanovich ve diğerleri, 2004).

G. Kessedjian ve arkadaşları, ^{243}Am izotopu fisyon tesir kesiti ölçümlerini GNEISS tesisinde 1 MeV – 6 MeV enerji aralığında 2012 yılında deneysel olarak gerçekleştirmişlerdir (Tovesson ve diğerleri, 2014).

Bu çalışma kapsamında MeV enerji mertebesinde $^{235}\text{Neptinyum}$, $^{237}\text{Neptinyum}$, $^{241}\text{Amerisyum}$, $^{243}\text{Amerisyum}$ (n,f) reaksiyonları çalışılmıştır. TALYS 1.8 nükleer reaksiyon simülasyon yazılımı kullanılarak tesir kesiti hesaplamaları yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar EXFOR deneysel veri kütüphanesinden ve TENDL kütüphanelerinden erişilen deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Seviye yoğunluk parametre değerleri değiştirilerek reaksiyon tesir kesitinin bu parametreye bağlılığı incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. TALYS Yazılımı

TALYS programı, 1 keV - 1 GeV enerji aralığında hesaplamaya izin verebilmektedir. TALYS'in 1.8 sürümü, hedef çekirdeğin kütesinin 12 ve daha büyük olduğu durumlar için nötronları, protonları, döteronları, alfa parçacıkları ve gama ışınlarını içeren çekirdek reaksiyonlarının bilgisayar destekli benzetimini yapabilen bir yazılım aracıdır. Bu tez çalışmasında 1.8 TALYS programı kullanılmıştır. TALYS yazılımı ayrıca, yaygın kullanılan nükleer reaksiyon modelleri ve nükleer uygulamalar için geniş veri kütüphaneleri oluşturulmasına imkân verir. Program çıktısı olarak, kararsız rezonans bölgesi dahil olmak üzere belirli enerji aralıklarında; toplam tesir kesitleri, elastik ve elastik olmayan tesir kesitleri, fisyon tesir kesitleri, ürün verimlerinden astrofizik reaksiyon hızlarına kadar çeşitli çıktılar almak mümkündür (Koning ve diğerleri, 2007).

Tesir kesiti hesaplamaları için kullanılan TALYS yazılımının seçilmesinin en önemli sebepleri; yazılımın açık kaynak kod olması, temininin kolaylıkla sağlanabilmesi ve yazılımın analiz sonucunda verdiği çıktıların literatürle yeterli uyum gösterebilmesidir (Koning ve diğerleri, 2005).

2.2. Seviye Yoğunluk Modeli ve Seviye Yoğunluk Parametresi (a)

Nükleer seviye yoğunluğu kavramı, belirli bir enerji aralığındaki enerji seviyelerin sayısı olarak açıklanır. Birimi 1/MeV olarak verilir. Çekirdeğin nükleer yapısıyla ilgili karakterini belirleyen bir unsurdur. Nükleer seviye yoğunluğu modelleri, nükleer seviyelere ait verilerinin tam bulunmadığı durumlarda, nükleer reaksiyonların hesaplamaları öngörmek için kullanılmaktadır. Bu amaçla yapılan nükleer hesaplamalarda kullanılan metotlarından biri de istatistiksel modellerdir. Çekirdeklerin nükleer enerji seviyelerinin bilgisinin bulunmadığı veya eksik olduğu uyarma enerjilerinde seviye yoğunluklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Doğru bir seviye yoğunluğu, optik model potansiyeliyle birlikte, tesir kesitlerinin, spektrumların, açılal dağılımların ve diğer nükleer reaksiyon gözlemlenebilirlerinin teorik bir analizi için en önemli bileşenlerindedir. Bu sebeple seviye yoğunlukları geçmişte araştırmacılar etraflıca çalışmıştır. Mevcut literatürde, doğrudan kombinasyonel yöntemlerden elde edilen mikroskobik seviye yoğunluklarından Hartree-Fock yaklaşımlarına ve fenomenolojik analitik ifadelere kadar çeşitli modeller bulunmaktadır (Demetriou & Gorieli, 2001).

Ignatyuk ve arkadaşları (Ignatyuk ve diğerleri, 1979) "a" parametresi ile kütle formülünün sıvı damlacık formulasyonundaki kabuk düzeltme terimi arasındaki bağıntıyı öne sürmüşlerdir. Enerjiye bağlı kabuk etkilerini temsil etmek için gerçeği daha çok yansıtan bir seviye yoğunluğu ifadesinin enerjiye bağlı bir fonksiyon olması gerektiğini savundular. Enerji ifadesi içinde enerji küçükken kabuk etkilerinin varlığını fakat enerji yüksekken kabuk etkilerinin ihmalini dikkate almakta ve şu şekilde ifade edilmektedir:

$$a = a(E_x) = \tilde{a} \left(1 + \delta W \frac{1 - \exp[-\gamma U]}{U} \right) \text{ (Ignatyuk ve diğerleri, 1975)}$$

TALYS yazılımı içinde seviye yoğunluk parametresi aadjust parametresi olarak geçmektedir ve varsayılan çarpan değeri 1'dir. Burada \tilde{a} asimptotik seviye yoğunluğu değeri, γ değeri $a(E_x)$ değerinin \tilde{a} değerine ne kadar hızlı yakınsadığını gösteren sönüm parametresini gösterirken δW kabuk enerji düzeltme enerjisidir. \tilde{a} değeri ifadesi ise

$$\tilde{a} = \alpha * A + \beta * A^{2/3} \text{ şeklinde verilir.}$$

Sönüm parametresi için sistematik olarak kullanılan ifade

$$\gamma = \gamma_0 / A^{1/3} \text{ şeklindedir.}$$

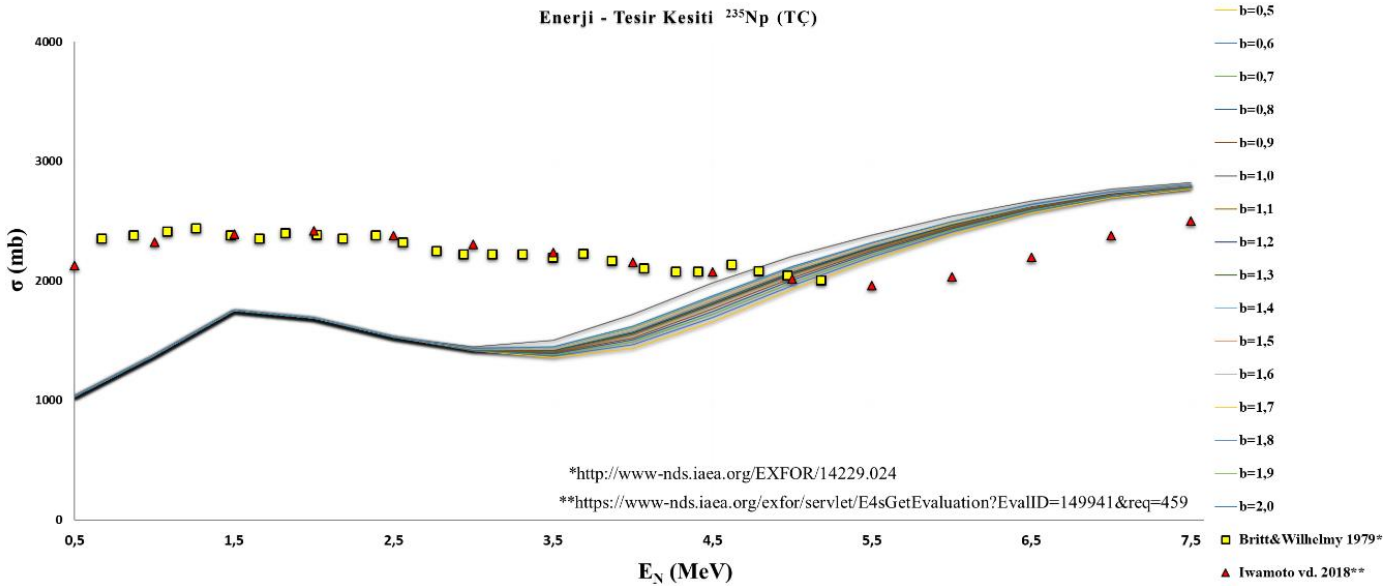
TALYS yazılımı içerisinde bulunan seviye yoğunluk modelleri arasından CTM (Sabit Sıcaklık Fermi Gaz) modeli (Gilbert & Cameron, 1965) kullanılmıştır. Her çekirdek için uygun seviye yoğunluk parametere araması yapmadan önce bu modelin hesaplama sonuçlarına bakarak bu modelin öngördüğü seviye yoğunluk parametresi (a) değeri tespit edilmiştir. Bu değer tespit edildikten sonra bu değer $\pm \%30$ 'u aralığında altında ve üstünde belirli adımlarla aramalar yapılmıştır. Çalışmada hesaplanan seviye yoğunluk a parametresinin varsayılan değerleri için çarpan kullanılmış ve "b" ile gösterilmiştir. Örneğin, b çarpanı 1 olarak alındığında bu değer varsayılan seviye yoğunluk parametresinin 1 katı olarak hesaba katılmış anlamındadır. Bu sebeple, yapılan hesaplama sonuçlarının gösterimi grafiklerde seviye yoğunluk değerinin katsayısı şeklinde, "b" simgesiyle gösterilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

^{235}Np (n,f), ^{237}Np (n,f), ^{241}Am (n,f), ^{243}Am (n,f) reaksiyonlarının tesir kesitleri için elde edilen TALYS hesaplama sonuçları, EXFOR (Deneysel Nükleer Veri Kütüphanesi) ve TENDL'dan erişilen deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Nötron-fisyon reaksiyonunun modellenmesinde CTM modeli kullanılmış ve yazılım hesaplamalarından elde edilen sayısal veriler MS EXCEL yardımıyla işlenmiş grafik ortamına aktarılmış ve bu grafikler bölüm 3.1'de sunulmuştur.

3.1. ^{235}Np izotopunun Nötron-Fisyon Reaksiyonu için CTM modelinde En İyi Seviye Yoğunluk Parametresinin Belirlenmesi

Neptinyum çekirdeğinin ^{235}Np izotopu TALYS paket programı kullanılarak 0,5 – 7,5 MeV enerji aralığında enerjiye sahip nötron-fisyon reaksiyonu için 0,5-2 aralığında 0,1 artışla farklı seviye yoğunluk parametrelerle tesir kesiti hesabı yapılmıştır. Elde edilen veriler, tesir kesitine karşılık nötron enerjisi grafiklerine dönüştürülerek aynı grafik üzerine literatürden elde edilen deneysel veriler eklenerek şekil 3.1'deki grafik oluşturulmuştur.



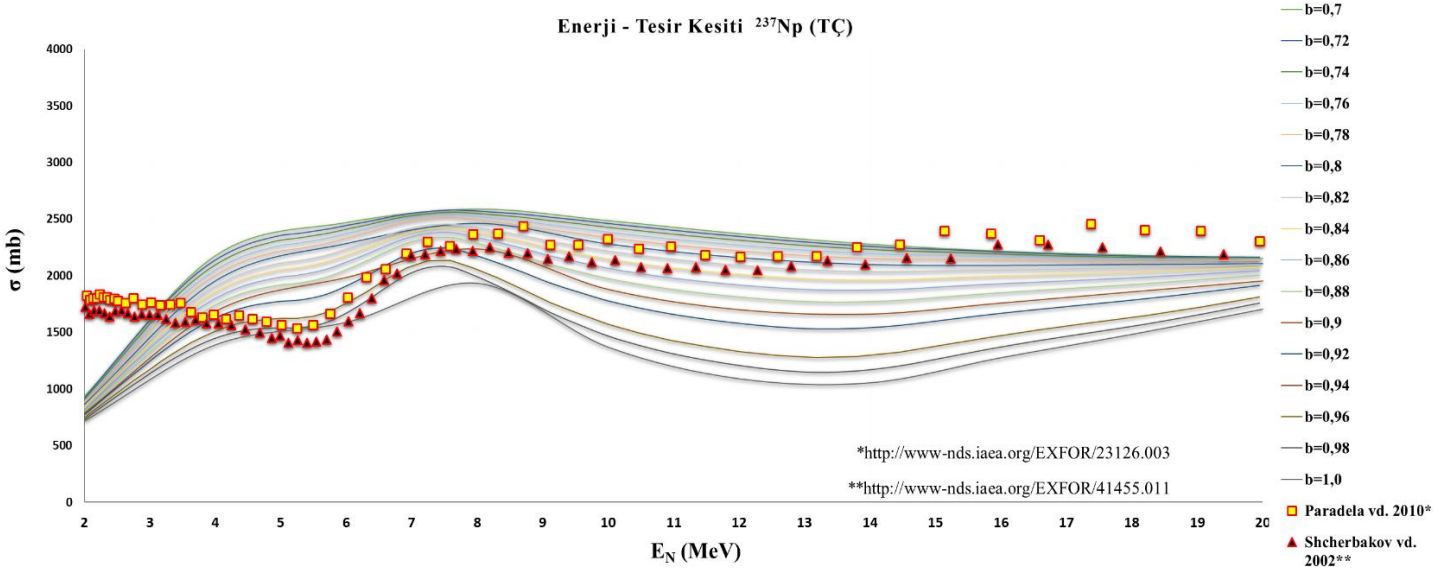
Şekil 1. ^{235}Np (n,f) reaksiyonu için gelme enerjisine karşılık tesir kesiti grafiği

Şekil 1.'deki grafikten görüleceği gibi ^{235}Np izotopu için hesaplanan tesir kesitleri 0,5 MeV den 2,5 MeV'e kadar seviye yoğunluk parametresine bağlı olarak değişim göstermemesine rağmen 2,5 MeV üzerindeki enerjilerde tesir kesitlerinde ayrışma görülmektedir. Çalışmamızın sonuçları, deneysel verilerimiz 7,5 MeV'e kadar olması sebebiyle bu aralıklarda deneysel veri sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda; deneysel verilerin hesaplama sonuçlarımızla 4,5 MeV civarına kadar uyum göstermediği fakat bu enerjinin üstündeki enerjilerde uyum sağladığı gözlenmiştir. 3.1 incelendiğinde CTM modelinde varsayılan seviye yoğunluk parametresi a değerinin varsayılan değerinin ($a_{\text{varsayılan}} = 15,46463$) en uyumlu değer olduğu görülmektedir. Böylece, hesaplamalar sonucunda deneysel verilere en iyi uyum sağlayan seviye yoğunluk parametre çarpanı, b=1 olarak tespit edilmiştir.

3.2. ^{237}Np izotopunun Nötron-Fisyon Reaksiyonu için CTM modelinde En İyi Seviye Yoğunluk Parametresinin Belirlenmesi

^{237}Np (n,f) reaksiyonu için TALYS 1.8 yazılımı ile varsayılan seviye yoğunluk modeli (CTM) kullanılarak reaksiyon tesir kesiti hesaplamaları yapılmıştır. CTM modelinde ^{237}Np için varsayılan seviye yoğunluğu parametresinin değeri hesaplanmış ve bu a değerinin %70'i ile %100'ü aralığında %2'lik adımlarla TALYS yazılımı çalıştırılmış ve deneysel verilerle en uyumlu a parametresi araştırılmıştır. Teorik nükleer model hesaplamaları, Ulusal Atom Enerjisi Kurumu'na ait nükleer veri bankasından erişilen deneysel verilerle Şekil 3.2'de karşılaştırılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

2 – 20 MeV enerji aralığında deneysel verilerin enerji aralıklarına uygun artışa uygun olarak nötron-fisyon reaksiyonu için yapılan hesaplamalar tesir kesitine karşılık nötron enerjisi grafiklerine dönüştürülerek aynı grafik üzerine literatürden elde edilen deneysel sonuçlar da eklenerek Şekil 3.2'deki grafik elde edilmiştir.

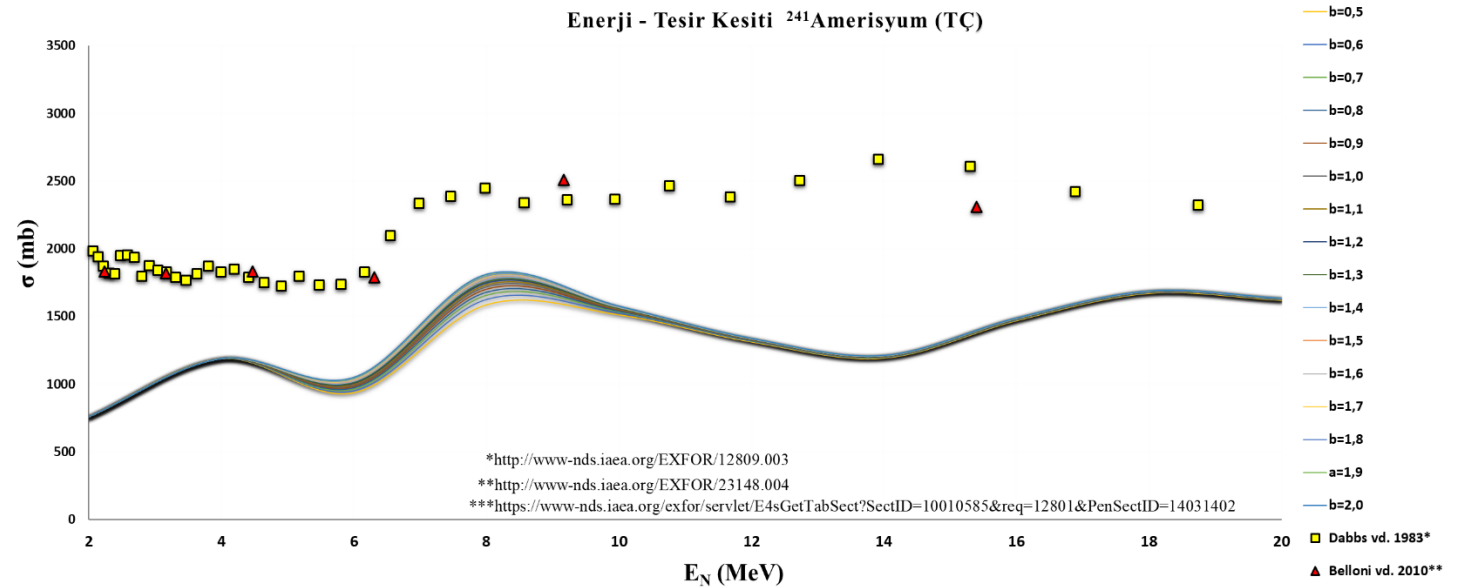


Şekil 2. ^{237}Np (n,f) reaksiyonu için gelme enerjisine karşılık tesir kesiti grafiği

Yapılan hesaplamalar sonucunda Şekil 2.'de görüldüğü üzere; 2-8 MeV aralığı için deneysel verilerle uygun belli bir a parametresi gözlenmemiştir. 8-20 MeV enerji aralığında ise TALYS yazılımının öngördüğü seviye yoğunluk parametresinin varsayılan değerinin ($a_{\text{varsayılan}} = 14,87898$) %78'i diğer değerlere göre deneysel verilerle daha uyumlu olduğu belirlenmiştir. Böylece en uygun b çarpanı 0,78 olarak tespit edilmiştir.

3.3. $^{241}\text{Amerisyum}$ izotopunun Nötron-Fisyon Reaksiyonu için CTM modelinde En İyi Seviye Yoğunluk Parametresinin Belirlenmesi

$^{241}\text{Amerisyum}$ (n,f) reaksiyonu için CTM modele ait olan varsayılan a parametresinin değeri TALYS'te hesaplanmıştır daha sonra elde edilen bu değerin %50'si ve %200'ü aralığında TALYS yazılımı yeniden çalıştırılmıştır. Çalıştırılan analiz sonucunda a parametresinin %50'u ve %200'ü katı aralığında a parametresinin reaksiyon tesir kesiti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her bir a parametresi için elde edilen yeni reaksiyon tesir kesiti değerleri, deneysel reaksiyon kesir tesiti değerleriyle birlikte Şekil 3.'te grafik halinde sunulmuştur.

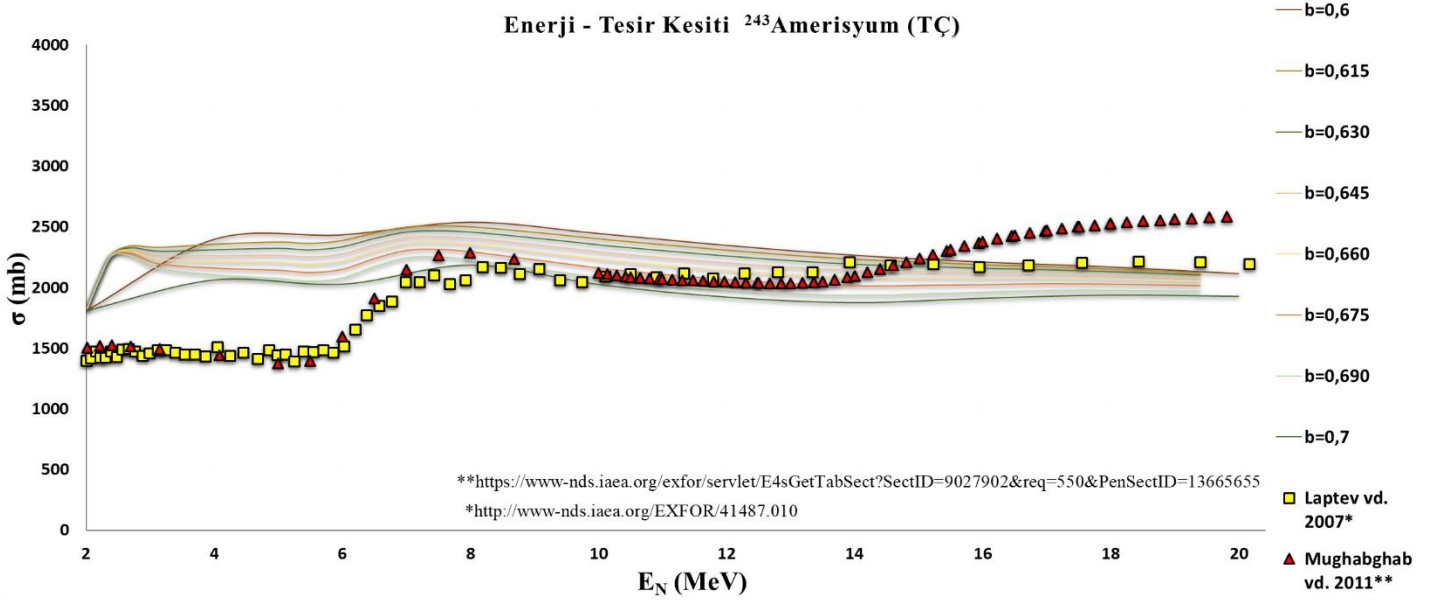


Şekil 3. $^{241}\text{Amerisyum}$ (n,f) reaksiyonu için gelme enerjisine karşılık tesir kesiti grafiği

2 – 20 MeV arasındaki gelme enerjilerinde 2 MeV’lik aralıklarla artırılarak incelenen ^{241}Am reaksiyonu için Şekil 3.’e bakıldığında; hesaplanan tesir kesirlerinin deneysel verilerle üst üste çakışmadığı fakat hesaplama sonuçlarının deneysel verilere benzer bir formda dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir.

3.4. ^{243}Am izotopunun Nötron-Fisyon Reaksiyonu için CTM modelinde En İyi Seviye Yoğunluk Parametresinin Belirlenmesi

CTM modelinin ^{243}Am izotopu için varsayılan seviye yoğunluk a parametresi TALYS yazılımında çalıştırılmış ve bulunan a parametresi %30’u ila %40 oranında azaltılmış ve yazılımda tekrar çalıştırılmıştır. 2- 20 MeV enerjilerindeki nötron-fisyon reaksiyonunun tesir kesitleri a parametresinin %60’ı ila %70’i aralığı için yapılan hesaplamaların sonuçları literatürden elde edilen deneysel verilerle beraber karşılaştırılmak üzere Şekil 4.’te gösterilmiştir.



Şekil 4. ^{243}Am (n,f) reaksiyonu için gelme enerjisine karşılık tesir kesiti grafiği

Şekil 4. dikkatlice incelendiğinde hesaplama sonuçlarının 2 - 6 MeV arası deneysel verilerle uyumu gözlenmemiştir. 7 - 20 MeV enerji aralığında ise tamamiyle olmasa da diğerlerine göre deneysel verilerle en yakın uyumu gösteren seviye yoğunluk a parametresi; varsayılan a parametresinin ($a_{\text{varsayılan}} = 14,84924$) %67,5’si olarak alınan değer olmuştur. Böylece ^{243}Am reaksiyonunda yapılacak hesaplamalar için CTM seviye yoğunluk modelinde en uygun b çarpanı 0,675 olarak belirlenmiştir.

4. Sonuç

Yapılan bu çalışmada, aktinit grubunda yer alan ^{235}Np , ^{237}Np , ^{241}Am ve ^{243}Am çekirdekleri için seviye yoğunluk parametrelerinin değişiminin tesir kesitlerine olan etkisi incelenmiştir. TALYS nükleer kodu kullanılarak yapılan hesaplamalarla her çekirdek için önce varsayılan a parametresi hesaplanmış sonra bu değer \pm %30’u aralığında belirli adımlarla değiştirilerek deneysel verilerle en iyi uyumu verecek a parametresinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışması kapsamında üzerine odaklanılan nokta, ^{235}Np , ^{237}Np , ^{241}Am ve ^{243}Am çekirdekleri için en uygun seviye yoğunluğu parametresinin belirlenmesidir. Bu amaçla yürütülen çalışma sayesinde; çalışmada seçilen hedef çekirdeklerin varsayılan seviye yoğunluk modeline (CTM) bağlı olarak nükleer yapılarına -seviye yoğunluk parametresi- ait özellikleri hakkında bilgilere ulaşılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan seviye yoğunluk modeli, Gilbert – Cameron modeli olarak bilinen sabit sıcaklık fermi gaz modelidir (CTM). Elde edilen hesaplama sonuçları, EXFOR (Deneysel Nükleer Veri Kütüphanesi) ve TENDL’den erişilen deneysel verilerle karşılaştırılmıştır ve yazılım hesaplamalardan elde edilen sayısal veriler MS EXCEL yardımıyla işlenmiş ve grafik ortamına aktarılmıştır.

Sonuç olarak, ^{235}Np , ^{237}Np , ^{241}Am , ^{243}Am (n,f) reaksiyonları için seviye yoğunluk parametresinin değişimi reaksiyon tesir kesitlerinin önemli ölçüde değişimine sebep olmuştur. Tez çalışması kapsamında yukarıda belirtilen her bir çekirdek için en uygun a parametresi tespit edilmiştir. Bu reaksiyonların laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi çok yüksek maliyet gerektirmesi ve zaman açısından oldukça zorluk barındırmasından dolayı, TALYS gibi bir nükleer reaksiyon simülasyon yazılımının sanal ortamda bu reaksiyonları çalıştırıp reaksiyon hakkında ön bilgi verebilmesi büyük bir önem teşkil etmektedir.

Gelecekte bu çalışmaya ek olarak Tek-Çift ve Çift-Tek çekirdeklerin proton-nötron sayılarının durumuna göre reaksiyon tesir kesitinin değişimi incelenebilir ve gelecek çalışma önerileri şu şekilde verilmiştir:

- 1) Çalışılacak çekirdek sayısı artırılmalıdır.
- 2) Seçilen çekirdekler aynı elementin çok sayıda farklı izotopu olmalıdır.
- 3) TALYS gibi başka yazılımlar da hesaplamalarda kullanılmalıdır (ALICE/ASH, EMPIRE vb.).
- 4) Birden fazla seviye yoğunluk modeli kullanılmalıdır (BFM,GSM vb.)

Kaynakça

- Amaldi. (1984). From the discovery of the neutron to the discovery of nuclear fission. *Physics Reports*, 1-331.
- Bothe & Becker. (1930). Artificial excitation of nuclear γ rays. *Journal of Physics*, 66(5-6), 289-306.
- Çapalı ve diğerleri. (2017). Hızlı nötron reaktörlerinde yakıt malzemesi olarak kullanılan 235,238 U ve 239Pu izotoplarına yönelik tesir kesiti hesaplamaları için nükleer seviye yoğunluğu parametresinin incelenmesi. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 19(3), 1-6.
- Capote ve diğerleri. (2016). Prompt fission neutron spectra of actinides. *Nuclear Data Sheets*, 131, 1-106.
- Demetriou & Goriely. (2001). Microscopic nuclear level densities for practical applications. *Nuclear Physics A*, 695(1-4), 95-108.
- Gilbert & Cameron. (1965). A composite nuclear-level density formula with shell corrections. *Canadian Journal of Physics*, 43(8), 1446-1496.
- Hahn & Strassmann. (1938). About the formation of radium isotopes from uranium by irradiation with fast and slowed neutrons. *Natural Sciences*, 26(46), 755-756.
- Ignatyuk ve diğerleri. (1975). Phenomenological description of energy dependence of the level density parameter. *Yadernaya Fizika*, 21(3), 485-490.
- Ignatyuk ve diğerleri. (1979). Role of collective effects in the systematics of nuclear level densities. *Soviet Journal of Nuclear Physics*.
- Jandel ve diğerleri. (2008). Neutron capture cross section of Am 241. *Physical Review C*, 78(3).
- Kawano ve diğerleri. (2000). Simultaneous evaluation of fission cross sections of uranium and plutonium isotopes for JENDL-3.3. *Journal of nuclear science and technology*, 37(4), 327-334.
- Koning ve diğerleri. (2005). Nuclear Data for Science and Technology. In C. H. al. (Ed.), *AIP Conference Proceedings*, 769, p. 1154.
- Koning ve diğerleri. (2007). TALYS-1.0. *International Conference on Nuclear Data for Science and Technology* (pp. 211-214). EDP Sciences.
- Koning ve diğerleri. (2015). *User Manual of TALYS-1.8*. Hollanda: Nükleer Araştırma ve Danışma Kurulu, Petten.
- Li, J. &. (2007). The actinides—a beautiful ending of the Periodic Table. *Journal of Alloys and Compounds*, 444, 202-206.
- Nayak & Desai. (2016). Cross sections and neutron emission spectra in fission of unstable actinide nuclei using surrogate reactions and direct neutrons. *Proceedings of the DAE-BRNS Symp. on Nucl. Phys.* Kolkata, INDIA.
- Nesvizhevsky & Villain. (2017). The discovery of the neutron and its consequences (1930–1940). *Comptes Rendus Physique*, 18 (9-10), 592-600.
- Rogers. (2013). The neutron's discovery-80 years on. *Physics Procedia*, 1-9.
- Tovesson ve diğerleri. (2014). Fast Neutron-Induced Fission Cross Sections of 233, 234, 236, 238U up to 200 MeV. *Nuclear Science and Engineering*, 178(1), 57-65.
- Tsekhanovich ve diğerleri. (2004). Fission-product formation in the thermal-neutron-induced fission of odd Cm isotopes. *Physical Review C*, 70 (4).



Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Kiraz Meyvesinin Sınıflandırılması

Hayri İncekara^{1*}, Murat Selek²

¹ Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Teknolojileri Mühendisliği, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0898-3422)

² Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8642-1823)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.801942)

ATIF/REFERENCE: İncekara, H. & Selek, M. (2020). Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Kiraz Meyvesinin Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 108-112.

Öz

Dünyada 1500 civarında çeşidi olan kiraz gülgiller familyasındandır. Tatlı aromalı, sulu ve sert çekirdekli bir meyve türü olan kiraz, kalsiyum, çinko, potasyum, lif, C vitamini, demir, tiamin, riboflavin, niacin, magnezyum, E ve B6 vitaminleri bakımından zengindir. Kiraz dünyada geniş bir yayılım göstermektedir. Ancak dünyada en çok kiraz üreten ilk 6 ülke arasında Türkiye %35'lik pay ile birinci sıradadır. Küreselleşen dünyada ürünlerin kalitesinin belirlenmesi ve tasnif edilmesi ticaretin en önemli unsurlarından biridir. Sebze ve meyveleri kalite ve özelliklerine göre sınıflandırma işlemi genellikle işçiler tarafından el ve göz ile yapılmaktadır. Bu yüzden bir standardın sağlanması zorlaşmaktadır. Yapılan bu çalışmada görüntü işleme yöntemleri kullanılarak kiraz meyvesinin boyutlarına göre sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Matlab R2013a programı kullanılarak görüntüsü alınan meyveleri küçük boy, orta boy, büyük boy olarak sınıflandıracak bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada kirazlar üst üste gelmeden ayrık olarak resimlenmiştir. Bu sayede sınıflandırma başarısı %100 olarak gerçekleşmiştir. Ancak kirazların üst üste gelmesi durumunda sınıflandırma başarısının düşeceği değerlendirilmektedir. Kiraz meyvesinin klasik sınıflandırma yöntemleri yerine görüntü işleme teknikleri kullanılarak sınıflandırılması ile önemli ihracat ürünlerinden biri olan kiraz meyvesinin uluslararası standartlara uygun olarak tasnif edilmesi sağlanacak ve ülke ekonomisine katkısı dahada artacaktır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, Kiraz sınıflandırma, Meyve tasnifi, Kalite kontrol.

Classification Of Cherry Fruit Using Image Processing Methods

Abstract

Cherry which has around 1500 varieties in the world is from the rosaceae family. Cherry, which is a sweet-flavored, juicy and hard stone fruit type, is rich in calcium, zinc, potassium, fiber, vitamin C, iron, thiamine, riboflavin, niacin, magnesium, vitamins E and B6. Cherry has a wide distribution in all over the world. However, Turkey, one of the first 6 cherry producing countries, is the first with the share of 35%. In globalized World, determining the quality of products and classifying products is one of the most important aspects of trading. Classification process, according to the quality and characteristics of vegetables and fruit is usually done by hand and eye by workers. Therefore, it is difficult to provide a standard. In this study it was aimed classification according to the size of cherry fruit by using image processing methods. So, by using the program Matlab R2013a a study was carried out images taken from fruits small size, medium size and large size. In the study, cherries were pictured separately without overlapping. In this way, the classification success was 100%. However, it is considered that the classification success will decrease if the cherries overlap. Cherry fruit, one of the important export products, will be classified in accordance with international standards by using image processing techniques instead of classical classification methods, and its contribution to the country's economy will increase.

Keywords: Image processing, Cherry classification, Fruit sorting, Quality control.

* Sorumlu Yazar: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Teknolojileri Mühendisliği, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0898-3422, incekara86@hotmail.com

1. Giriş

Kiraz, gülgiller familyasındandır. Dünyada 1500 civarında kiraz çeşidi vardır. Dünyada kiraz üretiminin yapıldığı önemli ülkelerin başında yaklaşık 500 bin ton üretimle Türkiye gelmektedir. Türkiye'yi ABD, İran, Çin, İtalya, Özbekistan, İspanya, Şili, Romanya ve Ukrayna takip etmektedir [1]. 2012 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye sert çekirdekli meyve üretiminde 480 bin ton üretim kapasitesi ile kiraz %20' lik bir paya sahiptir. Dünyadaki kiraz üretiminin ise %20' si Türkiye de gerçekleşmektedir. Ayrıca dünya kiraz üretiminde ilk 6 ülke arasında Türkiye'nin üretimdeki payı %35'tir [2].

Dünya meyve ticaretinde belirli standartlara göre sınıflandırılmış kaliteli ürünler tercih edilmektedir. Günümüzde artan talep oranlarına bağlı olarak teknolojinin gelişmesi ile birlikte otomatik olarak nesnelere sınıflandırılması ve tasnif edilmesi önemli bir alan haline gelmiştir. Sınıflandırma işlemi insanlar ve makineler ile gerçekleştirilebilmektedir ancak ürünlerdeki şekilsel farklılıklar ve insanlardan kaynaklanan hatalar nedeniyle verimli bir sınıflandırma yapılamamaktadır. Bu nedenle ölçümler sırasında görüntü işleme tekniklerinin tarım sektöründe önemli bir yeri vardır [3], [4]. Görüntü, gölge, ışık ve çevresel faktörlerden oluşan tümeleşik bir ifadedir. Bu tümeleşik görüntülerdeki katmanları doğru ve kayıpsız şekilde analiz edebilmek için çeşitli filtre ve ışık kaynaklarına ihtiyaç vardır. Bazı görüntü işleme donanımlarında kullanılan bu ışık kaynakları UR, NIR, IR gibi infarred ve ultraviyole ışıklardır [5], [6]. Görüntü işleme kısaca, kamera, tarayıcı vb. diğer cihazlar ile bilgisayar ortamına aktarılan görüntülerin belirli programlar aracılığı ile analiz edilmesidir [7].

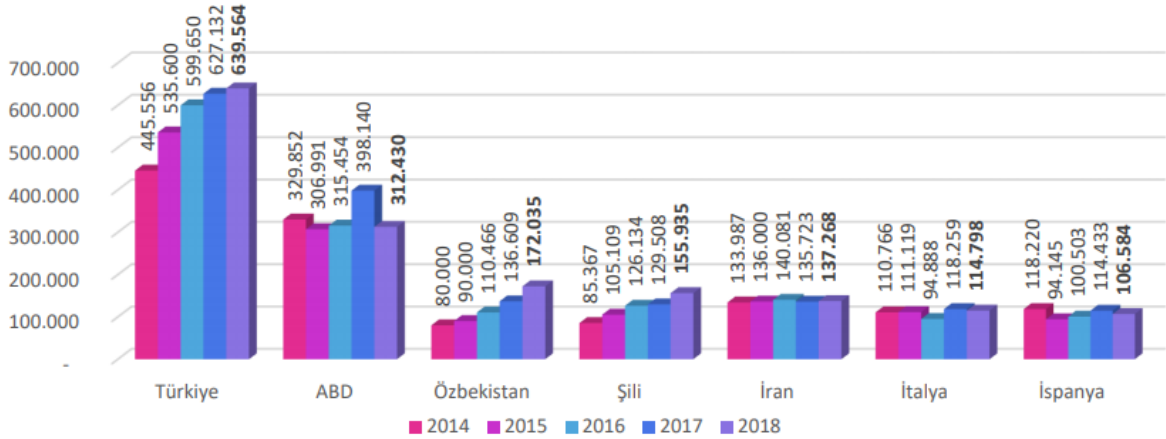
Yapılan çalışmada, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen ve önemli ihracat ürünlerinden biri olan kiraz meyvesinin, Matlab R2013a programı kullanılarak büyüklüklerine göre sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, görüntü işleme yöntemleri ile görüntünün arka planı siyah bir zemin haline getirilerek sınıflandırılacak kiraz meyvesinin arka planı temizlenmiştir. Daha sonra elde edilen görüntü çeşitli filtreleme işlemlerine tabi tutulmuş ve belirli algoritmalar ile kirazların sınır alanları belirlenmiştir. Sınırları belirlenen kirazlara ait boyut bilgisi hesaplanarak, kirazlara ait boyutsal sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kiraz Meyvesi

Latince ismi 'Prunus avium' olan kiraz ağacı, Gülgiller (Rosaceae) familyasının bir üyesidir [9]. Dünyada 1500 civarında çeşidi olan kiraz, tatlı aromalı, sulu ve sert çekirdekli bir meyve türüdür. Kiraz; kalsiyum, çinko, potasyum, karotenoidler, lif, ve C vitamini, demir, tiamin, riboflavin, niasin, magnezyum, E ve B6 vitaminleri bakımından zengin bir meyvedir [10].

2014-2018 yılları arası kiraz üretimi incelendiğinde, beş yıllık üretim ortalaması 570 bin ton olan Türkiye'nin dünya liderliğini aldığı, ikinci sırada ise 333 bin ton üretim ile ABD'nin ülkemizi takip ettiği görülmektedir. Aşağıdaki Şekil 1'de ülkeler bazında yıllara göre dünya kiraz üretim miktarları (ton) gösterilmiştir [10].



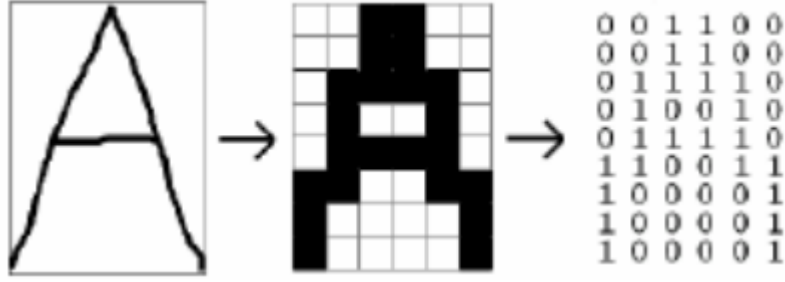
Şekil 1. 2014-2018 yılları arası dünya kiraz üretim miktarları(ton)

Türkiye 2018 yılında 84.087 ha ile toplam dünya kiraz alanının %19'unu ve 639.564 ton ile de toplam dünya kiraz üretiminin %25'ini oluşturarak Dünya Liderliğini sürdürmektedir [10], [11].

2.2. Görüntü İşleme

Görüntü işleme, görüntüyü dijital form haline getirerek spesifik görüntü elde etmek yada yazılımsal olarak görüntü üzerinde istenilen sonucu elde etmek için kullanılan bir yöntemdir [12]. Günümüzde görüntü işleme tıp, askeri alanlar, güvenlik, yüz tanıma, duygu analizi, robotik, sınıflandırma gibi pekçok alanda kullanılmaktadır.

Görüntü işlemeyi matrisler üzerinde yapılan işlemler bütünü şeklinde de tanımlayabiliriz. Resimler çeşitli renklerin bir araya geldiği karelerden oluşmaktadır. Halbuki resimi en küçük parçalarına böldüğümüzde piksel adını verdiğimiz matrislerden oluştuğunu görmekteyiz. Görüntü işleme yöntemlerinde pikseli oluşturan matris hücrelerinin üzerinden işlemler yapılmaktadır. Aşağıdaki Şekil 2'de görsel bir karakterin sayısallaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 2. Görsel karakterin sayısallaştırılması

Görüntü işlemede c, c++, python gibi yazılım dillerinin yanı sıra amaca uygun çeşitli kütüphanelerde kullanılmaktadır. OpenCV gibi popüler kütüphanelerin yanısıra MATLAB programlama dilinde görüntü işlemede en çok kullanılan programlama dilleri arasındadır. MATLAB (MATrix LABoratory), 1985’de C.B Moler tarafından, özellikle matris temelli matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş etkileşimli bir paket programlama dilidir. Yapılan çalışmada Matlab R2013a programı kullanılmıştır.

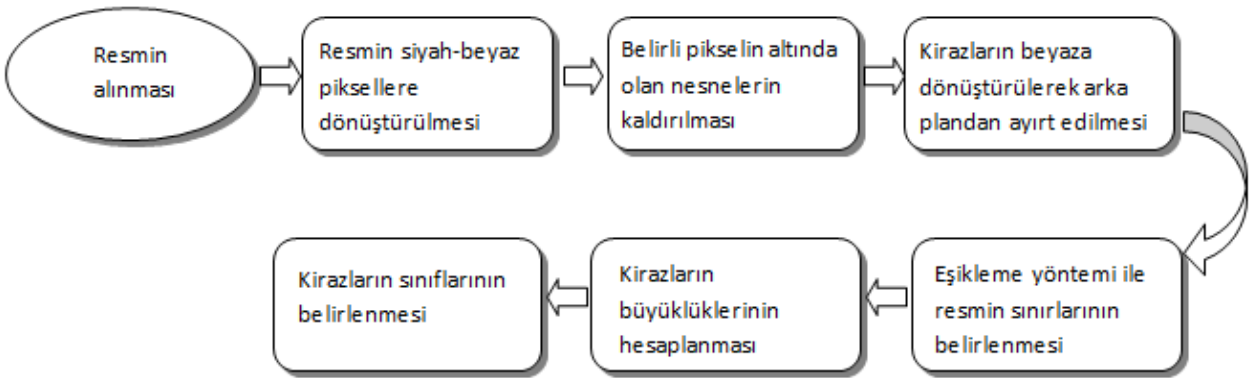
2.3. Uygulama

Yapılan çalışmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen kiraz meyvesi ele alınmıştır. Kirazların görüntü işleme yöntemi ile sınıflandırılması için Matlab R2013a programı kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi yapılacak kirazlar Türk Standardı Tasarısı 793’de belirlenen veriler ve diğer kaynaklardan elde edilen boyut standartlarına göre sınıflandırılmıştır [13]. Aşağıdaki Tablo 1’de kirazların boyutlarına karşılık gelen sınıflar gösterilmiştir.

Tablo 1. Kirazların boyutlarına göre sınıflandırılması

Kiraz Boyutu(mm)	Kiraz Sınıfı
<22	Küçük Boy
22- 28	Orta Boy
>28	Büyük Boy

Tablo 1’de belirtilen boyutlara göre, sınıflandırılacak olan kirazların hangi sınıfa dahil oldukları gösterilmiştir. Ancak bu boyutlar kiraz çeşidi ve sınıflandırma biçimine göre gerçekleştirilen program da değiştirilebilmektedir. Yapılan çalışmada, görüntüsü alınan kirazların Tablo 1’de belirlenen standartlara göre Matlab programı ile sınıflandırılması yapılmıştır. Kiraz meyvesinin sınıflandırılması için gerekli olan işlem adımları aşağıdaki Şekil 3’de gösterilmiştir.



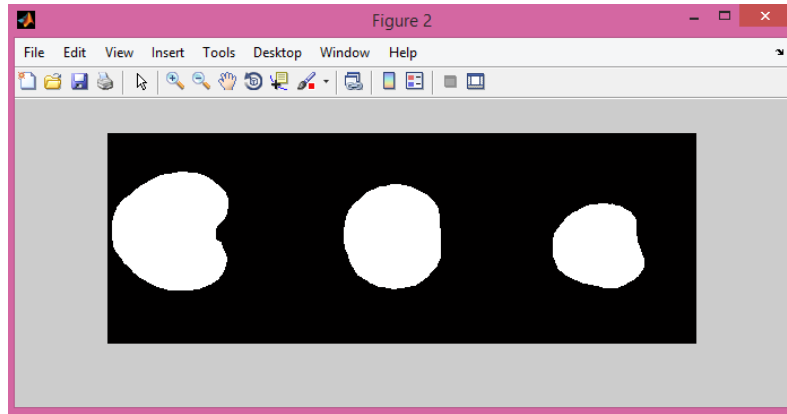
Şekil 3. Kiraz meyvesi sınıflandırma adımları

Yukarıdaki Şekil 3’deki işlem adımlarına göre sınıflandırma işleminin gerçekleşmesi için işlenmemiş resim programa yüklenmelidir. Aşağıdaki Şekil 4’te sınıflandırma için programa yüklenecek olan işlenmemiş resim gösterilmiştir.



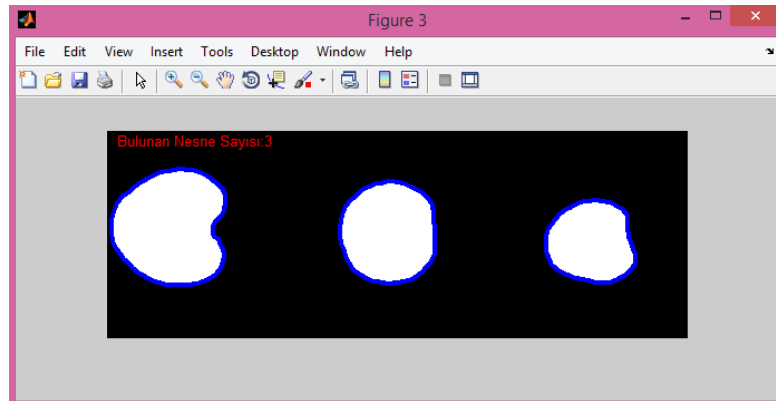
Şekil 4. Sınıflandırılacak İşlenmemiş Resim

İşlenmiş olarak sisteme yüklenen resim siyah- beyaz piksellere dönüştürülmektedir. Resmin siyah-beyaz piksellere yani binary moda dönüştürülmesi iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada resmin arka planı beyaza kirazlar ise siyaha dönüştürülmektedir. İkinci aşamada ise binary moddaki resim Matlab bwboundaries komutu ile ters çevrilerek arka plan siyaha sınıflandırılacak olan kirazlar beyaza dönüştürülmektedir. Aşağıdaki Şekil 5’de resmin siyah-beyaz piksellere dönüştürülmüş hali gösterilmiştir.



Şekil 5. Resmin siyah-beyaz piksellere dönüştürülmesi

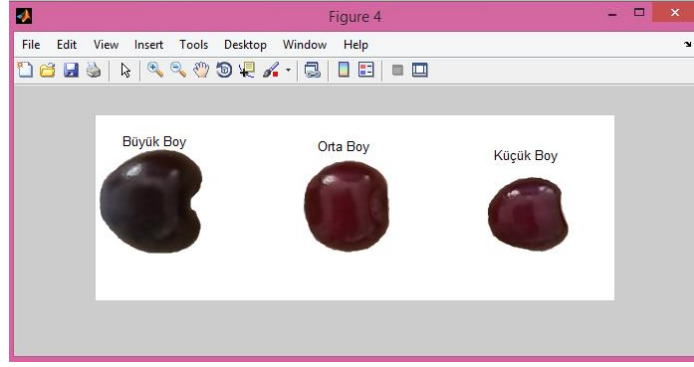
Resim siyah-beyaz piksellere dönüştürülüp ters çevirme işlemi uygulandıktan sonra resimde bulunan belirli boyutun altındaki gürültü olarak tabir edilen nesnelere Matlab bwareopen komutu ile kaldırılmıştır. Daha sonra program tarafından tespit edilen kirazların sınırları eşikleme yöntemi kullanılarak mavi renk ile belirlenmiş ve resimde bulunan nesne sayısı ekrana yansıtılmıştır. Aşağıdaki Şekil 6’da siyah-beyaz piksellere dönüştürülen resmin eşikleme yöntemi ile sınırlarının mavi renge dönüştürülmüş hali gösterilmiştir.



Şekil 6. Kirazların sınırlarının belirlenmesi

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Sınırları belirlenen kirazlar belirli işlemlerden geçirildikten sonra kirazlara ait alan bilgileri hesaplanmıştır. Hesaplanan alan verileri yukarıdaki Tablo 1’de belirlenen boyut standartlarına göre değerlendirilmiş ve değerlendirme sonucunda kirazlar boyutlarına göre sınıflandırılmıştır. Aşağıdaki Şekil 7’de kirazların boyutlarına göre sınıflandırılmış hali gösterilmiştir.



Şekil 7. Kirazların boyutlarına göre sınıflandırılması

Yapılan çalışmada kirazlar üst üste gelmeden ayrı olarak resimlenmiştir. Bu sayede sınıflandırma başarısı %100 olarak gerçekleşmiştir. Ancak kirazların üst üste gelmesi durumunda sınıflandırma başarısının düşeceği değerlendirilmektedir.

4. Sonuç

Yapılan çalışmada, Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen ve en önemli ihracat ürünlerinden birisi olan kiraz meyvesinin klasik sınıflandırma yöntemleri yerine görüntü işleme teknikleri ile sınıflandırılması sağlanmıştır. Bu sayede önemli ihracat ürünlerinden biri olan kiraz meyvesinin uluslararası standartlara uygun olarak tasnif edilmesi sağlanacak ve ülke ekonomisine katkısı dahada arttırılacaktır. Yapılan çalışmada kiraz meyvesinin referans boyut değerleri isteğe göre değiştirilerek farklı boyutlarda sınıflama işlemleri de gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca kiraz meyvesinin sınıflandırılması için uygulanan algoritma ve filtreleme yöntemleri farklı meyvelerin sınıflandırılmasında da kullanılabilir. Bu amaçla farklı meyvelere ait boyut bilgileri sisteme girilerek farklı meyvelerinde sınıflandırılması sağlanabilmektedir.

Yapılan çalışma ile farklı büyüklükteki meyveler sistem tarafından başarılı bir şekilde değerlendirilerek sınıflandırılmıştır. Bu sayede kalite ve pazarlama için önemli bir etken olan sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Matlab programında görüntü işleme yöntemleri ile kiraz meyvesinin sınıflandırılması üzerine yapılmış bu çalışma, diğer çalışmalar içinde bir örnek teşkil edecektir.

Kaynakça

- [1] Konya ili Taşkent ilçesi Kiraz Çalıştayı, 2015, Konya İli Taşkent İlçesi Kiraz Üreten Tarım İşletmelerinin Yapısının Belirlenmesi, [http://arastirma.tarim.gov.tr/bahridagdas/Belgeler/TA%20C5%9EKENT%20K%20C4%B0RAZ%20RAPOR%2028%20ocak%202015%20\[1\].pdf](http://arastirma.tarim.gov.tr/bahridagdas/Belgeler/TA%20C5%9EKENT%20K%20C4%B0RAZ%20RAPOR%2028%20ocak%202015%20[1].pdf).
- [2] Vural, A.A. (2014). Ilıman İklim Meyveleri ve Organik Tarım Araştırmaları Çalışma Grubu, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü.
- [3] Orhan, E. R., CETİŞLİ, B., SOFU, M. M., & KAYACAN, M. C. (2013). Gerçek Zamanlı Otomatik Elma Tasnifleme. *Journal of Natural and Applied Science*, 17(2), 31-38.
- [4] SABANCI, K., AYDIN, C., & ÜNLERŞEN, M. F. (2012). Görüntü işleme ve yapay sinir ağıları yardımıyla patates sınıflandırma parametrelerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2 Sp: A), 59-62.
- [5] Chen, Y. R., Chao, K., & Kim, M. S. (2002). Machine vision technology for agricultural applications. *Computers and electronics in Agriculture*, 36(2-3), 173-191.
- [6] Sofu, M. M., Er, O., Kayacan, M. C., & Cetişli, B. (2013). Elmaların görüntü işleme yöntemi ile sınıflandırılması ve leke tespiti. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 12-25.
- [7] Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Gastrointestinal tract classification using improved LSTM based CNN. *Multimedia Tools and Applications*, 1-16.
- [8] Bennedsen, B. S., Peterson, D. L., & Tabb, A. (2005). Identifying defects in images of rotating apples. *Computers and Electronics in Agriculture*, 48(2), 92-102.
- [9] Çelik, Y., & Sarıaltın, H. K. Türkiye’de Kiraz Üretiminin Yapısal Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 596-607.
- [10] Dünyada Kiraz, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/M%20C4%B0LL%20C4%B0%20TARIM/%20C3%9Cr%20C3%BCn%20Masalar%20C4%B1%20C3%9Cr%20C3%BCn%20De%20C4%9Ferlendirme%20Raporlar%20C4%B1%20yay%20C4%B1%20mland%20C4%B1%20Kiraz%20De%20C4%9Ferlendirme%20Raporu.pdf>
- [11] Türkiye İstatistik Kurumu, 2020, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Taş Çekirdekli Meyveler 1988-2019, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- [12] YAMAN, K., SARUCAN, A., Mehmet, A. T. A. K., & AKTÜRK, N. (2001). Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve arıma modelleri yardımıyla veri hazırlama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1).
- [13] TS 793 Kiraz Ve Vişne Standardizasyon Tebliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080530-14.htm>



Diz Osteoartritinde Tanı İçin Termal Görüntü İşlemenin Uygulanması

Afrah Abdulsattar Jasim Qali^{1*}, Murat Selek²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1126-9999)

² Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8642-1823)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802936)

ATIF/REFERENCE: Qali, A., & Selek, M. (2020). Diz Osteoartritinde Tanı İçin Termal Görüntü İşlemenin Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 113-116.

Öz

Bu çalışmanın amacı, Osteoartrit rahatsızlıklarını kızılötesi görüntü işleme yöntemini kullanarak erken teşhis edebilmektir. Çalışmamızda termal görüntüler farklı kişilerden alınmış olup CNN (Convolutional Neural Networks) yöntemini kullanılarak işlenmiştir. Gerçekleştirilen uygulama, ortopedi tetkik mekanizmasında Osteoartrit ön teşhisinde kullanılarak hastaların gereksiz yere radyasyona maruz kalmasını önlemek, ortaya çıkacak maddi yükün tedavinin ileri aşamalarında daha gerekli yerlerde harcanmasını sağlamak ve zaman açısından tasarruf edebilmek için planlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Termal kamera, Termografi, CNN (Convolutional Neural Networks), Osteoartrit.

Application of Thermal Image Processing for Diagnosis in Knee Osteoarthritis

Abstract

Timely and accurate diagnosis made in time is very important in Osteoarthritis treatments for obtaining positive results from treatment. The aim of this study is to detect Osteoarthritis disorders early using the infrared image processing method. These images were taken from different individuals and processed using the CNN (Convolutional Neural Networks) method. In practice, to prevent unnecessary radiation exposure of patients by using the orthopedic examination mechanism in the pre-diagnosis of Osteoarthritis. It is planned to ensure that the material burden that will arise is spent in more necessary places in the later stages of treatment and to save time.

Keywords: Thermal Camera, Thermography, CNN (Convolutional Networks), Osteoarthritis.

1. Giriş

Termografi, görüntülenecek nesnenin sıcaklığının temassız olarak ölçümünü sağlayan bir yöntemdir (Turan, 2019). Kızılötesi (İnfrared – IR) radyasyon, sıcaklığı mutlak sıfırın üzerinde olan herhangi bir fiziksel nesnenin yüzeyinden yayılmaktadır. IR radyasyon, insan ve normal kameralar için elektromanyetik spektrumun görünür aralığında olmadığı için IR enerji görsel değildir. Nesne yüzeyinden yayılan görünmez ısı enerjisini, görsel bir termal görüntüye dönüştürmek için kullanılan tekniğe IR termografi (IRT) denir (Nazmul Huda & Taib, 2013). IR ışınlar, görülebilir ışıktan daha uzun fakat mikrodalga ışıktan daha kısa dalga boylu elektromanyetik dalgalardır (Umbaugh, 2005). İngiliz astronom William Herschel, 1800'li yıllarda cam prizma ile yaptığı, ışıkların ısı içeriğini ölçmeye çalışan deneylerle IR radyasyonu (ışınım) ilk keşfeden bilim adamı olmuştur (Younus, Widodoa, & Yang, 2009).

Termal görüntüleme ilk olarak 1950'lerde, özellikle gece görüşü için askeri amaçla tasarlanmıştır (Ansiklopedi, 2020). Termal görüntüleme sistemlerinde son 60 yılda ortaya çıkan teknolojik gelişmeler sayesinde yapıların incelenmesinde elektrik ve mekanik otomasyon sistemlerinde, petrokimya endüstrisinde, veterinerlik ve tıp gibi farklı alanlarda kullanılabilen mühendislik uygulamaları olarak genişletilmiştir (Ring, 2000).

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1126-9999), afrah.power@gmail.com

-273 °C'nin üzerindeki sıcaklığa sahip olan tüm nesnelere bir termal enerji yayarlar (Gülgör, 2019). Bu enerji nesnelere sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Termal kamera, cisimlerden yayılan termal ışınımı algılayarak görünür hale gelmesini sağlayan cihazlardır. IR enerji gözümüzün göremediği kızılötesi (Infrared) aralıkta yayılır (Pitas, 2000), (Byrnes, 2009).

0,7–1000 µm arasında olan IR spektrum bandı yaygın olarak (Horvath & Hollander, 1949), (Gade & Moeslund, 2014), 0.75-1.4 µm dalga boylarında ve düşük kayıp miktarından dolayı genellikle fiber optik iletişimde kullanılmakta olan yakın kızılötesi; 3-8 µm güdümlü füze teknolojisinde kullanılmakta olan orta dalga kızılötesi; 8-15 µm dışarıdan bir ışınım kaynağına gerek duymadan sadece cisimlerin yaydığı ısıyla termal görüntüleme cihazları tarafından kullanılan uzun dalga kızılötesi; tipik olarak gaz molekülleri, sıvılarda moleküller akışkanlık ve katılarda fotonlar tarafından emilen ve 15-1.000 µm arası dalga boyunda olan uzak dalga kızılötesi bantlarına bölünmüştür (Aktaş), (Ansiklopedi, 2020).

Kızılötesi dalgalar, cismin yaklaşık 2.5×10^{-5} mm (25mm) kalınlığındaki yüzeyinden yayılır ve çıplak gözle görünmezler (Selek, 2007). Bir cismin elektromanyetik spektrumun IR bandında yaymakta olduğu termal enerjiyi, görünen bir resme çevirme yöntemine infrared termografi tekniği (IRTT) denir (Burnay, Williams, & Jones, 1988). Bu yöntem, cisme dokunmadan ve her hangi bir zarar vermeden cisimden yayılan termal enerjiyi gözle görme imkânı sağlamaktadır. IRTT, bu özelliği sayesinde çok sayıda alanda kullanılabilir potansiyeline sahiptir. Ancak bu teknik malzemecilikte ve malzeme işlemede IRTT ile ilgili olan bilgilerin yetersiz düzeyde olması, IRT cihazının nispeten pahalı olması, termal kamera kayıplarının etkisinin belli olmaması, IRT, obje yüzeyinin altındaki az bir kalınlığa kadar tespit edebilmesi, yayıcılık sorunları (Rogalski, 2002) ve birçok çalışma ile de ortaya konulan sebeplerden dolayı daha yakın zamanlara kadar sanayide yaygın bir şekilde uygulanmamıştır (Shull, 2002).

Osteoartrit ana karakteristik olarak sinoviyal eklemlerde kıkırdak kaybı olan dejeneratif eklem hastalığına osteoartrit (OA) denir. Bu hastalık çok faktörlü olup kemik uçlarını kaplayan az çok kıkırdak yıkımına neden olmaktadır. IRT, OA olan hastalarda eklem içi sıcaklığı ölçütleri ve iltihaplanma keskinliği için bir rehber olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır (Arfaoui, Bouzid, Pron, Taiar, & Polidori, 2012).

Kızılötesi termografi, diz eklemlerinin termal ve vasküler koşulları hakkında fonksiyonel bilgi sağladığından dolayı diz OA taraması için kullanılabilir. Buna ek olarak çeşitli hastalıklar için termal teşhis prosedürü, çoğunlukla bir klinisyenin kişisel deneyimine bağlı olan manuel analiz ve yorum ile gerçekleşmektedir (Jin, Yang, Jun Xue, Min Liu, & Liu, 2012).

Osteoartrit ABD'de 20 milyondan fazla kişiyi etkilemekte ve dejeneratif bir hastalık olmakla beraber en sık görülen ağrıdır. İşlev kaybı ile özürülük OA'nın başlıca nedenlerinden biridir (Arden & Nevitt, 2006). OA'nın erken teşhisi veya taranması için önemli tanı kriterlerini araştırmak, giderek artan sayıda çalışmalar OA'nın fizyopatolojik bilgisini arttıran ağrı belirtileri, kas güçsüzlüğü ve sinovit gibi bazı erken OA belirtileri odak haline getirmiştir (Valderrabano & Steiger, 2011), (Ikeda, Tsumura, & Torisu, 2005).

Osteoartrit OA hastalığının durumunun izlenmesi ve tanısının konmasında sıcaklık değişimi önemli bir parametre olduğu için IRT'den faydalanılmaktadır (Arfaoui, Bouzid, Pron, Taiar, & Polidori, 2012). OA hastalığının riskini azaltabilen çeşitli durum izleme uygulamaları için temassız ve müdahale etmeden gerçek zamanlı sıcaklık izlemesi için IR termografi tekniği (IRTT) yararlı bir yöntem olarak kullanılabilir (elfe, ve diğerleri, 2010). Yöntemin performansını ve verimliliğini artırmak için IR termal görüntüleme modern görüntü işleme yöntemleri uygulanarak, insan müdahalesi olmadan hızlı bir şekilde daha iyi sonuçlar alınabilir. Doğru veri (normal veya anormal) elde etmek için, termal görüntülerden gelen hata deseninin sınıflandırılması: görüntü elde etme, ön işleme, görsel inceleme, görüntüyü yeniden boyutlandırma, sınıflandırma ve sonuç elde etme adımlarından oluşmaktadır (Flir, 2010), (Vollmer & Mollmann, 2010).

Bu yazıda, OA hastalığının sıcaklık durumunu tanımlamada IRT anahtar bir parametre olduğu için hastalığın tespiti ve izlenmesinde IRT tabanlı bir teknik dikkate alınmıştır. Buna göre, bu çalışmanın amacı, IR termal görüntüleri kullanarak OA hastalığının meydana gelen yaygın problemlerini sınıflandırmak için yeni akıllı bir hastalık teşhisi ve durum izleme sisteminin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır.

2. Materyal ve Metot

Kızılötesi termal kamera kullanılarak OA hastalarının el, diz ve ayak bölgelerinden alınmıştır. Bu görüntüler CNN modeli kullanılarak işlenmiştir. Görüntü işleme aşamaları ise aşağıdaki gibidir:

2.1. Veri Seti

Termal kamerayla görüntü alınırken oda sıcaklığı, eklem ve kamera arasındaki mesafedeki değişiklikler, ölçüm açısı ve kan akışının değişkenliği, iç faktörler gibi bazı faktörler IRT sinyalinin etkileyebilmektedir. IRT kullanılırken bu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. IRT'nin tekrarlanabilirliği için, sıcaklıkların ölçüleceği ilgili bölgeyi belirlemek önemlidir. OA hastalığının teşhisi kapsamında olmak üzere bu çalışmada, farklı ısı derecesi ve parlaklıkta 86 adet diz veya eklem görüntüsü kullanılmıştır. Bunların 41'i yaralı 45'i sağlıklıdır. Bu görüntüler Evrişimsel Sinir Ağları (Convolution Neural Networks) yöntemi kullanılarak işlenmiştir. Ortaya konulan sistemde hastalığın varlığını tespit etme durumu söz konusu olduğundan, veri setinin 'hasta' ve 'sağlam' şeklinde yeniden ölçeklendirilmesi sağlanmıştır. Alınan görüntülerin sayısı kısıtlı olduğu için bu yöntemin doğruluk yüzdesi %73 çıkmıştır. Görüntü sayısı artıca başarı yüzdesinin de artacağı öngörülmektedir. Yüzdelik oranını artırmak için ilerideki yapılacak olan çalışmalarda kullanılacak olan görüntü sayısı artırılacaktır.

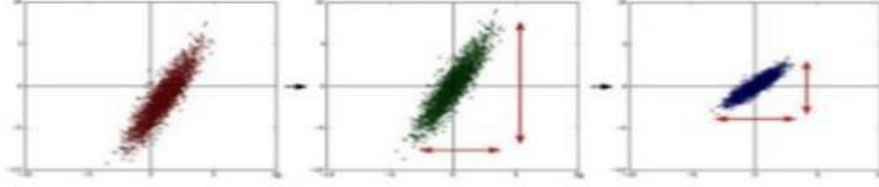


Şekil 1. Termal kamera ile hasta ve sağlam diz görüntüsü.

1) Veri Kümesi Ön İşleme

Her görüntü için aşağıdaki ön işlem görevleri geliştirilecektir:

- Görsel inceleme: Düşük kalitede veya temsili olmayan görüntüleri tespit etmek.
- Görüntü yeniden boyutlandırma: Görüntüleri 128x128'e dönüştürmek.
- Resimleri kırpma: Otomatik veya manuel kırpmak.



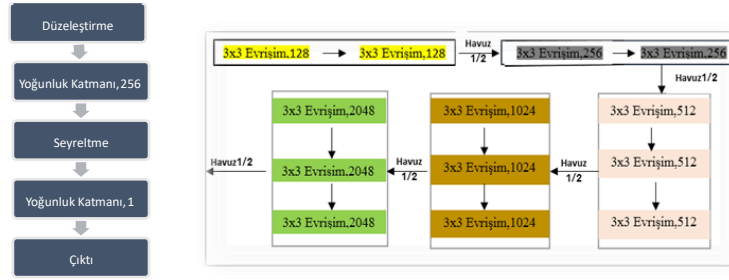
Şekil 2. Veri kümesi ön işleme hattı.

2) Convolutional Neural Network (CNN) Mimarisi

Asıl fikir, basit CNN modelini geliştirmek ve bir taban çizgisi oluşturmak için performansı değerlendirmektir. Modeli geliştirmek için aşağıdaki adımlar izlenecektir:

- Veri büyütme: Aşırı yüksek frekans gürültüsünü önlemek, görüntü boyutlarını dönüştürmek ve ölçeklendirmek.
- Aktarılan Öğrenme: Önceden eğitilmiş bir ağı kullanılması, modelimizin ince ayarının yapılması için ek katman oluşturulması (VGG-16 veya başka).

2.2. CNN Diyagramı



Şekil 3. Evrişimsel sinir ağlarının akış diyagramı.

2.3. Model Değerlendirme

ROC Eğrileri ve AUC skorlarının kullanımı için farklı modeller kullanılacaktır. TPR ve FPR için doğru modelin kullanılmasıyla ilgili bir sonuç oluşturan eşik seviyesini sağlamak için kesinliği ve doğruluğu değerlendirilecektir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

IR kamera kullanılarak elde edilen görüntülerde hastalığın teşhisi yapılamazken, CNN (Convolution Neural Networks) işleme yöntemi kullanılarak görüntülerde diz osteoartriti tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada, önerilen yöntem ile termografi görüntüleri kullanılarak Evrişimsel Sinir Ağları yardımıyla görüntüler incelenerek hastalık tespit edilmiş ve tanısı konmuştur. Bu yeni bakış açısı, termal kamera veri seti ile eğitilmiş sinir ağları kullanılarak osteoartrit riskini değerlendirmek için otomatik bir araç geliştirmektedir. Alınan görüntülerin sayısı az olduğundan dolayı bu yöntemin doğruluk yüzdesi %73 çıkmıştır. Yüzdeleri artırmak için ileride gerçekleştirilecek olan çalışmalarda kullanılacak olan görüntü sayısı artırılacaktır. Bu sebeple, gelecekteki çalışmalarda, Evrişimsel Sinir Ağlarının daha fazla veri kümesi ile eğitilmesi ve veri kümesinin artırılması planlanmaktadır.

Vektör destek makineleri (SVM) kullanılarak daha önce gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda, deneysel sonuçlar SVM (support vector machine) sınıflandırıcısının normal ve anormal vakaların saptanmasında %85.49'luk bir doğruluk, %85.72'lik bir duyarlılık ve %85.51'lik bir özgüllük elde ettiğini göstermektedir. Önerilen sistem diz OA taraması veya fizik muayene için uygundur.

Bizim çalışmada ise önerilen yöntem OA teşhisinde daha önce kullanılmamış ve yeni bir yöntemdir. Termal kamera bu hastalığın tespiti ve tanısını ortaya koymakta tek başına yetmezken, Evrişimsel Sinir Ağları kullanılarak görüntüler işlenmiş hastalığın teşhisi yapılmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada önerilen yöntem ile osteoartrit sınıflandırma problemine farklı bir bakış açısı getirilmesi hedeflenmiştir. Bu yöntem ile termografi görüntüleri kullanılarak Evrimsel Sinir Ağları yardımıyla etkili bir öznitelik çıkarımı yapılmakta, bu yeni bakış açısı yardımıyla, termal kamera veri seti ile eğitilmiş sinir ağları kullanılarak osteoartrit riskini değerlendirmek için farklı bir tanı aracı geliştirilmektedir. Çıkarılan özniteliklerin sınıflandırma başarımı, yapılan ön çalışma için bu yaklaşımın yeterli olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Arfaoui, A., Bouzid, M. A., Pron, H., Taiar, R., ve Polidori, G. (2012). Application of Infrared Thermography as a Diagnostic Tool of Knee Osteoarthritis. *Journal of Thermal Science and Technology*, 227.
- Gade , R., ve Moeslund, T. (2014). Thermal Cameras and Applications: A Survey. *Machine Vision ve Applications*, 25(1), 245-262.
- Aktaş, M. (tarih yok). Enerji Verimliliği Deney Seti Sunumu. Ankara: Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi.
- Ansiklopedi, Ö. (2020, ocak 17). Termal_kamera. Termal kamera web sitesi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Termal_kamera adresinden alındı
- Arden, N., ve Nevitt, M. (2006). Osteoarthritis: epidemiology. *Best practice ve research Clinical rheumatology*, 20(1), 3-25.
- Burnay, S., Williams, T., ve Jones, C. (1988). *Applications of Thermal Imaging*. Adam Hilger, Bristol.
- Byrnes, J. (2009). *Unexploded Ordnance Detection and Mitigation*. Berlin : Springer-Verlag.
- elife, j., Sutton, C., Hardaker, N., Greenhalgh, S., Karki, A., ve Dey, P. (2010). Anterior knee pain and cold knees. A possible association in women, *The Knee*, Vol. 17, 319-323.
- Flir, A. (2010). *The ultimate infrared handbook for RveD professionals*. Boston.
- Gülgör, E. (2019, Ekim 20). Termal Kamera Nedir. Termal Kamera Nedir Web Sitesi: <http://www.sanpaelektronik.com/index.php/tr/bilgiler/item/512-termal-kamera-nedir> adresinden alındı
- Horvath, S., ve Hollander, J. (1949). Intra-articular temperature as a measure of joint reaction. *J Clin Invest*, Vol., 73, 441-469.
- Ikeda, S., Tsumura , H., ve Torisu, T. (2005). Age-related quadricepsdominant muscle atropy and incident radiographic knee osteoarthritis. *10(121-126)*.
- Jin, C., Yang , Y., Jun Xue, Z., Min Liu, K., ve Liu, J. (2012). Automated Analysis Method for Screening Knee Osteoarthritis using Medical Infrared Thermography. *Journal of Medical and Biological Engineering*, , 33(5), 471-477.
- Nazmul Huda, A., ve Taib, S. (2013). Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment. *Appl. Therm. Eng.* 61, 220-227.
- Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Skin Lesion Segmentation with Improved Convolutional Neural Network. *Journal of digital imaging*.
- Pitas, I. (2000). *Digital image processing algorithms and applications*. Canada: John Wiley ve Sons.
- Ring, E. (2000). The discovery of infrared radiation in 1800. *The Imaging Science Journal*.48(1):, 1-8.
- Rogalski, A. (2002). *Infrared detectors*. Amsterdam: Electrocomponent Science Monographs, Gordon and Breach Science Publishers.
- sanpaelektronik web sitesi. (tarih yok). ekim 20, 2019 tarihinde <http://www.sanpaelektronik.com/index.php/tr/bilgiler/item/512termal-kamera-nedir> adresinden alındı
- Selek, M. (2007). *Infrared Termografi Yoluyla Metal Yorulmasının Gerçek Zamanda Analizi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Shull, P. (2002). *Nondestructive Evaluation: Theory, Techniques and Applications*. New York, NY, USA.: Marcel Dekker Incorporated.,
- Turan, R. (2019). *Akut/Kronik Fiziksel Travmalı Olguların Dijital Kızılötesi Termal Kamera ile Değerlendirilmesi Ve Elde Edilen Bulguların Travma İle Nedensellik Bağının İncelenmesi*. İstanbul: İstanbul Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi.
- Umbaugh, S. (2005). *Computer Imaging: Digital Image Analysis and Processing*. UK: Taylor ve Francis.
- Valderrabano , V., ve Steiger, C. (2011). Treatment and prevention of osteoarthritis through exercise and sports. (1-6).
- Vollmer, M., ve Mollmann, K. P. (2010). *Infrared thermal imaging*. Germany: Wiley-VCH.
- Younus, A., Widodoa, A., ve Yang, B. (2009). Application of thermal image: machine fault diagnosis using PCA and ICA combine with SVM. Dhaka, Bangladesh,: in: *International Conference on Mechanical Engineering (ICME2009)*.



Etkin EEG Özellikleri Çıkarılarak Arousal Tespiti

Gizemnur Erol¹, Fatma Zehra Göğüş^{2*}, Gülay Tezel³

¹Konya Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5035-7575)

³Konya Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1698-0106)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802946)

ATIF/REFERENCE: Erol, G., Göğüş, F. Z., & Tezel, G. (2020). Etkin EEG Özellikleri Çıkarılarak Arousal Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 117-122.

Öz

Son zamanlarda toplumun en önemli problemlerinden biri olan uyku bozuklukları, bireylerin sağlığını ve yaşam kalitesini ciddi şekilde etkilemektedir. Uykusuzluk (Insomnia), narkolepsi, uyku apnesi ve huzursuz bacak sendromu gibi birçok uyku bozukluklarının neden olduğu rahatsızlıklar vardır. Uyku bozukluklarına sebep olan ana faktör ise bireyin uyku anındaki uyanma ile sonuçlanamayan, uyku kalitesini düşüren uyku kesintileridir. Arousal diğer bir adı ile uyanayazma geçici olan bu kesintilerdir ve bir beyin dalga (Elektroensefalogram -EEG) aktivitesinin paternindeki ani değişikliği temsil etmektedir. Arousal tespiti genellikle EEG verileri kullanılarak Amerikan Uyku Tıbbi Akademisi (American Academy of Sleep Medicine-AASM) tarafından belirlenen kriterlere göre yapılmaktadır. Bu çalışmada amaç, AASM tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda EEG sinyalleri vasıtasıyla hasta bireylerdeki arousalların tespitidir. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle, çalışmaya dahil edilen 5 hasta bireyin tek kanallı (C3/A2) EEG sinyallerine sırasıyla filtreleme, normalizasyon ve segmentasyon ön işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra Spektral Güç Yoğunluğu (Power Spectral Density-PSD) ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform-DWT) yöntemleri ile gerçekleştirilen özellik çıkarma süreci sayesinde, EEG sinyal segmentlerine ait 2 özellik seti ve bu özellik setlerinin birleştirilmesiyle 3. özellik seti oluşturulmuştur. Ardından oluşturulan 3 özellik seti üzerine Sarmal Alt Küme Değerlendirme (Wrapper Subset Evaluation-WSE) özellik seçme yöntemi uygulanarak etkin özellikler belirlenmiştir. Nihai olarak belirlenen özelliklerin Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Rasgele Orman (RO) algoritmaları tarafından sınıflandırılmaları ile arousal içeren EEG segmentleri tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmaların beraberinde EEG sinyal kayıtlarından başka hiçbir PSG sinyal kaydına ihtiyaç duymadan, yalnızca tek kanallı EEG sinyalleri ile oldukça başarılı sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ise Özellik Seti 3'ün etkin özellikleri ve YSA ile en yüksek doğruluk oranı %99.05 olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arousal, EEG, Spektral Güç Yoğunluğu, Ayrık Dalgacık Dönüşümü, Sarmal Alt Küme Değerlendirme, Yapay Sinir Ağları, Rasgele Orman Algoritması

Arousal Detection by Extracting Efficient EEG Features

Abstract

Nowadays, sleep disorders, one of the most important problems of society, affect the health and quality of life of individuals seriously. There are diseases caused by many sleep disorders such as insomnia, narcolepsy, sleep apnea and restless legs syndrome. The main factor that causes sleep disorders is sleep interruptions that don't result in the awakening of the individual during sleep and reduce sleep quality. Arousal, also known as awakening, are these temporary interruptions and represent a sudden change in the pattern of brainwave (Electroencephalogram-EEG) activity. Generally, Arousal detection is performed by utilizing EEG data according to the criteria determined by American Academy of Sleep Medicine (AASM). This study's purpose is to detect arousals of patients through EEG, in accordance with the criteria of AASM. For this purpose, primarily, filtering, normalization and segmentation pre-processes were applied to single channel (C3 / A2) EEG signals of 5 patients included in the study, respectively. Afterwards 2 feature sets and 3rd feature set by combining these 2 feature sets were generated for EEG signal segments thanks to feature extraction processing carried out Power Spectral Density (PSD) and Discrete Wavelet Transform (DWT) methods. Subsequently, efficient

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5035-7575, fzagogus@ktun.edu.tr

features were determined by implementing Wrapper Subset Evaluation (WSE) that is feature selection method on to the 3 features sets created. Finally, the EEG segments containing arousals were detected by classifying the determined features by Artificial Neural Networks (ANN) and Random Forest (RO) algorithms. With these studies performed , it has been determined to achieve successful results with only single-channel EEG signals without the need for any PSG signal recording other than EEG signal recording. As a result of the study, the highest accuracy rate (99.05%) were obtained by using the effective features of Feature Set 3 and ANN.

Keywords: Arousal, EEG, Spectral Power Density, Discrete Wavelet Transform, Wrapper Subset Evaluation, Artificial Neural Networks, Random Forest Algorithm

1. Giriş

Polisomnografi (PSG) uyku bozuklukları tanısında kullanılan, hasta üzerine takılan elektrotlar vasıtasıyla gece uykusu boyunca hastanın solunum faaliyeti, beyin dalgaları (Elektroansefalogram-EEG), göz hareketleri (Elektrookülogram-EOG), kas aktivitesi (Elektromiyogram-EMG) vb. sinyallerin belli periyotlarla, eş zamanlı ve devamlı olarak kaydedilmesi ile yapılan bir incelemedir.

Arousal (uyanayazma) derin uykudan yüzeysel uyku evresine ya da uyanıklık durumuna kısa süreli ani geçişlerdir. Arousal sonucunda, uyku kalitesini düşüren ve kişilerin ertesi gün hatırlayamayacakları uyku bölünmeleri meydana gelir. Bu bölünmeler nedeniyle kişilerde aşırı uykusuzluk sorunu ortaya çıkar (Demir ve ark., 2012). Oluşan uykusuzluk kişilerin öğrenme becerilerini ve dikkatlerini azaltır, hafızalarını ve konsantrasyonlarını zayıflatır ve bunların sonucunda günlük ve iş yaşamlarında problem yaşamalarına sebebiyet verir (Demir ve ark., 2012). Bu nedenle arousalın tespit edilebilmesi oldukça önem arz etmektedir.

Arousal tespiti PSG sinyallerinden olan EEG, EMG ve EOG sinyalleri kullanılarak gerçekleştirilir. Bu kayıtlardan en sık tercih edileni ise EEG'dir (Wallant ve ark., 2016; Varela, Pereira, Estévez ve Bonillo, 2017). Amerikan Uyku Tıbbi Akademisi (American Academy of Sleep Medicine - AASM), bir EEG arousalu şu şekilde tanımlar: Alfa, teta ve/veya 16 Hz'den daha büyük frekanslar içeren EEG'deki ani frekans değişimleridir (AASM, 2012). AASM'ye göre meydana gelen bu frekans değişikliğinin arousal olarak skorlanabilmesi için ise en az 3 saniye ve daha uzun süreli olması gerekmektedir (AASM, 2012).

Bu çalışmada, bu kurallar doğrultusunda, tek kanallı EEG sinyalleri kullanılarak arousal tespitinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, EEG sinyallerine sırasıyla filtreleme, normalizasyon ve segmentasyon işlemleri uygulanmış ve sinyalleri karakterize eden özellikler çeşitli özellik çıkarma yöntemleri ile elde edilmiştir. Ardından, Weka (Witten ve ark., 1999) platformu kullanılarak segmente edilen EEG sinyallerindeki arousal içeren segmentler Rastgele Orman (RO) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) algoritmaları ile tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Veri Seti

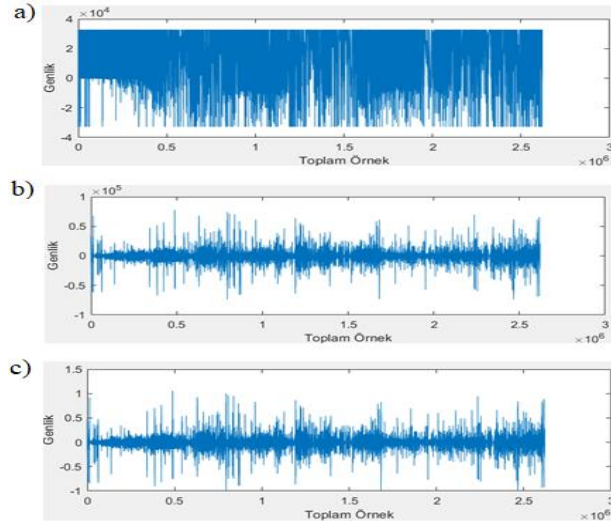
Bu çalışma kapsamında arousal problemi yaşayan 5 hasta bireye ait tek kanal (C3/A2) EEG sinyalleri kullanılmıştır. 1 hastanın EEG sinyali PhysioNet'de bulunan The Sleep Heart Health Study (SHHS) çalışmasından elde edilmiştir (Goldberger ve ark., 2000). Bu EEG sinyali açık erişimlidir ve sinyalin örnekleme frekansı 125 Hz'dir. Diğerleri ise Göğüş ve ark.'nın 2020 yılında yapmış oldukları çalışmadaki, gerekli etik kurul raporu ve hasta rızaları alınarak gerçekleştirilen 4 hastaya ait PSG kayıtlarının 200 Hz örnekleme frekanslı EEG sinyalleridir (Göğüş ve ark., 2020).

2.2. Filtreleme ve Normalizasyon

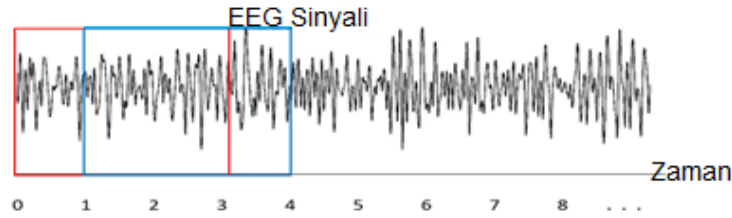
Sinyaller ortam seslerinden, kayıt cihazlarının takılıp çıkarılması gibi birçok olaydan kaynaklı gürültüler içerebilir. Bu gürültüler, sinyal çalışmalarında verimli sonuç almayı engellediği için sinyaller gürültülerden arındırılmalıdır. Sinyallerin gürültülerden arındırılması amacıyla çalışmaya dahil edilen 5 hastaya ait EEG sinyalleri frekans aralığı 0.3-35 Hz olan 'Bandpass' tipi 3. dereceden Butterworth Filtresi ile filtrelenmiştir (Wallant ve ark., 2016). Bu işlemin ardından, filtre edilmiş sinyaller -1 ile 1 aralığında normalize edilmiştir. Gerçekleştirilen filtreleme ve normalizasyon işlemleri sonucundaki elde edilen sinyaller Şekil 1'de gösterilmektedir.

2.3. Segmentasyon

Sinyal çalışmalarında sinyaller, belirli sürelerdeki epoklara bölünerek bu epoklar (segment) üzerinde çalışılır. AASM'nin (AASM, 2012) arousal için belirttiği, **bir frekans değişikliğinin arousal olarak skorlanması için en az 3 saniye ve daha uzun süre olmalı**, kuralı vardır. Yani bir arousal minimum 3 saniye olmalıdır. Bu nedenle bu çalışmada bir segment boyutu da 3 saniye olarak belirlenmiştir. Arousal tespiti için yapılan segmentlemenin örtüşmesiz olması veri kaybına yol açarak arousal noktalarını kaçırmaya neden olabilir. Bu nedenle bu çalışmada Şekil 2'de görüldüğü gibi 1 saniye kaydırmalı, 2 saniye örtüşmeli pencereleme işlemi gerçekleştirilerek EEG sinyalleri segmente edilmiştir.



Şekil 1. (a) Ham EEG, (b) Filtre Edilmiş EEG, (c) Normalize Edilmiş EEG



Şekil 2. EEG Sinyallerinin Segmentasyonu

2.4. EEG Sinyal Zaman ve Frekans Analizi

AASM'ye (AASM, 2012) göre arousal tanımı, EEG'de alfa, teta ve/veya 16 Hz'den daha büyük frekanslar içeren dalgalardır. Yani arousal tespiti belirli özel bantların seçilerek onlar üzerinde işlemler yapılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada arousal tespiti için kullanılan özel bantlar alfa, teta, delta, sigma ve >16 Hz. olarak belirlenmiştir (Varela ve ark., 2017). Bu özel bantların frekans aralığı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. EEG Frekans Bantları

Bant	Frekans Aralığı (Hz)
Δ (Delta)	0.5 – 4
Θ (Teta)	4 - 7
α (Alfa)	8 - 12
σ (Sigma)	12 - 15
> 16	> 16

2.4.1. Spektral Güç Yoğunluğu ile Özellik Çıkarma

EEG işaretleri, beynin sinirsel faaliyeti sonucu elde edilen biyoelektriksel işaretlerdir ve bu işaretlerde beynin fonksiyonları ile ilgili birçok bilgi saklanmaktadır. Bu nedenle, EEG sinyallerinin frekans bileşenleri çokça önem arz etmektedir. Patolojik belirtilerin bulunmasında spektral analiz yöntemlerinden ve bu frekans bileşenlerinden yararlanılabilmektedir. Bu çalışmada zaman domaininden frekans domainine dönüşüm, *Welch* metodu yardımıyla her bir segmentin '*Spektral Güç Yoğunluğu (Power Spectral Density-PSD)*' elde edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde sinyalin değişik frekans değerlerine düşen enerji yoğunluğu hesaplanmış ve her segmentin gücü ve frekansı elde edilmiştir. Ardından her bir segment için Tablo 2'de görülen 15 özellik çıkarılmış ve *Özellik Seti 1* oluşturulmuştur. Ayrıca Özellik Seti 1'e zaman domainindeki her segmentten Denklem 1, 2, 3 kullanılarak elde edilen 16., 17. ve 18. özellikler eklenmiştir.

$$\text{Activity} = \text{var}(X(n)) \quad (1)$$

$$\text{Mobility} = \sqrt{\text{Activity}(X'(n)) / \text{Activity}(X(n))} \quad (2)$$

$$\text{Complexity} = \text{Mobility}(X'(n)) / \text{Mobility}(X(n))$$

(3)

Denklemlerdeki $X(n)$ ve $X'(n)$ sinyal ve sinyalin türevini ifade eder.

Tablo 2. Özellik Seti 1

Özellik	Açıklama
Ö1-5	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Toplam Güç
Ö6-10	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Max. Güç
Ö11-15	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Min. Güç
Ö16-18	Activity, Mobility, Complexity

2.4.2. Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile Özellik Çıkarma

EEG işaretleri statik olmayan yapıdadır. Dalgacık Dönüşümü statik olmayan sinyaller için diğer yöntemlere göre daha verimli sonuçlar üreten bir yöntemdir. Dalgacık Dönüşümünün en önemli avantajı, düşük frekanslar için geniş, yüksek frekanslar için dar olacak şekilde değişen pencere boyutlarının olmasıdır (Wong ve Leung, 1998). Dalgacık dönüşümleri tüm sinyal frekans-zaman bilgisini korurlar. Bu nedenle durağan olmayan gerçek doğal sinyallerinde bütün frekans aralıklarında optimum zaman-frekans çözünürlüğü sağlayarak geleneksel metotlardan daha iyi sonuçlar sağlar (Xu ve Ho, 2002).

'Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform-DWT)'nde her seviyede alçak frekans ve yüksek frekans filtrelerinden geçirilerek yaklaşım ve ayrıştırma bileşenleri elde edilir. Bir sonraki seviyede alçak frekans filtre çıkışına aynı işlemler uygulanır. Bu çalışmada sinyallere 3.seviye DWT uygulanarak sinyal frekans aralıklarına ayrılmıştır. DWT sayesinde ayrılan frekans aralıklarına göre, özel frekans bantları da kendiliğinden dalgacık üzerinde seçilir hale gelmiştir. DWT ile Tablo 3'deki özellikler çıkarılarak 21 özellikten oluşan **Özellik Seti 2** elde edilmiştir

Tablo 3. Özellik Seti 2

Özellik	Açıklama
Ö1-5	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Toplam Güç
Ö6-10	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Max. Güç
Ö11-15	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Min. Güç
Ö16-20	$\Delta, \Theta, \alpha, \sigma$ ve $>16\text{Hz}$ Toplam Güç/Segment Gücü
Ö21	Alfa Gücü / Teta Gücü

Özellik Seti 1 ve Özellik Seti 2'nin oluşturulmasının ardından, bu iki özellik seti birleştirilerek 39 özellikten oluşan **Özellik Seti 3** elde edilmiştir. Bu sete ait ilk 19 özellik **Özellik Seti 1**'in özelliklerini içermektedir, **Özellik Seti 3**'ün 20-39. özelliklerini ise **Özellik Seti 2** oluşturmaktadır.

2.5. Arousal Tespiti

AASM'nin arousal tanımına (AASM, 2012), bir arousal minimum 3 saniye olan bir süreci ifade etmektedir. Segmentasyon ile elde edilen segmentlerin arousal olarak etiketlenmesi için arousalların kaç saniyesinin o segmente denk geldiğinin bulunması gerekir. Bu doğrultuda arousalların *en az 1 saniye ve üstü*, *1 saniye üstü* ve *en az 2 saniye ve üstü* olarak toplamda 3 farklı segment etiketleme çalışması yapılmıştır. Yapılan analiz çalışmaları sonucunda, bir segmentin arousal olarak etiketlenmesi işlemi en verimli sonuca ulaşılan mevcut arousalların **1 saniye üstünü** barındıran segmentlerin arousal olarak etiketlenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen işlemler sonucunda çalışmaya dahil edilen 5 hastaya ait 32397 normal segment ve 3367 arousal segment elde edilmiştir. Bu segmentler, segmentlerin yaklaşık %70'i eğitim ve %30'u test olacak şekilde rastgele ayrıştırılmıştır. Gerçekleştirilen sınıflama işlemleri için Weka (Witten ve ark., 1999) platformu kullanılmıştır.

2.6. Özellik Seçme

Özellik Seti 1, Özellik Seti 2 ve Özellik Seti 3 için en iyi sınıflama performansına ulaşmak amacı ile Weka (Witten ve ark., 1999) platformunda bulunan Sarmal Alt Küme Değerlendirme (Wrapper Subset Evaluation-WSE) yöntemi ile özellik seçme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir özellik setinin seçilen özellikleri ile optimum YSA ve RO algoritma parametreleri belirlenerek en başarılı sınıflandırma performansına ulaşılmaya çalışılmıştır.

YSA ve RO sınıflandırıcılarının WSE özellik seçme yöntemi ile kullanılmasıyla Özellik Seti1, Özellik Seti 2 ve Özellik Seti 3 için seçilen etkin özellikler sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 4. WSE-YSA ile seçilen etkin özellikler

Özellik Seti	Etkin Özellikler
Set 1	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö17, Ö18
Set 2	Ö4, Ö6, Ö8, Ö14, Ö19
Set 3	Ö3, Ö22, Ö29, Ö37

Tablo 5. WSE-RO ile seçilen etkin özellikler

Özellik Seti	Etkin Özellikler
Set 1	Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18
Set 2	Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20
Set 3	Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö11, Ö14, Ö16, Ö18, Ö28, Ö29, Ö31, Ö33, Ö38

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada, sınıflandırma başarısı, PSD ve DWT ile elde edilen 3 özellik setine WSE yöntemi ile özellik seçimi uygulanmasının ardından YSA ve RO sınıflandırıcıları kullanılarak elde edilen doğruluk, duyarlılık (recall) ve kesinlik (recision) performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Eğitim için her iki sınıflandırıcı 10 kat çarpraz doğrulama yaklaşımı ile çalıştırılmıştır. Daha sonra, en yüksek doğruluğu sağlayan sınıflandırıcı parametrelerine göre test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tablo 6 ve Tablo 7 YSA kullanılması ile, Tablo 8 ve Tablo 9 ise RO sınıflandırıcı algoritmasının kullanılması ile elde edilen eğitim ve test sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 6. Etkin özellikler ve YSA ile elde edilen eğitim sonuçları

Özellik Seti	Duyarlılık	Kesinlik	Doğruluk
Set1	60.1%	93.6%	96.03%
Set2	53.2%	100%	95.78%
Set3	53.8%	98.6%	95.77%

Tablo 7. Etkin özellikler ve YSA ile elde edilen test sonuçları

Özellik Seti	Duyarlılık	Kesinlik	Doğruluk
Set1	95.2%	83.4%	97.33%
Set2	83.5%	99.1%	98.06%
Set3	93.1%	98.4%	99.05%

Tablo 8. Etkin özellikler ve RO ile elde edilen eğitim sonuçları

Özellik Seti	Duyarlılık	Kesinlik	Doğruluk
Set1	67.9%	91.5%	96.54%
Set2	54.8%	98.8%	95.87%
Set3	65.7%	92.9%	96.46%

Tablo 9. Etkin özellikler ve RO ile elde edilen test sonuçları

Özellik Seti	Duyarlılık	Kesinlik	Doğruluk
Set1	87.2%	72.6%	94.85%
Set2	74.5%	99.1%	97.05%
Set3	87.2%	76.5%	95.55%

Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda en yüksek doğruluk oranı başarısına bakıldığında; YSA ve Özellik Seti 3'e ait PSD ile elde edilen α -Toplam Güç ve DWT ile elde edilen σ -Toplam Güç, Δ -Min.Güç ve σ -Toplam Güç/ Segment Gücü özelliklerinin arousal tespiti üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir. Bu da özellik çıkarmada kullanılan PSD ve DWT yöntemlerinin her ikisinin de başarıda etkili olduğu, 5 adet özel frekans bantlarından en çok Δ (Delta), α (Alfa) ve σ (Sigma) bantlarının başarıya etki ettiği ve YSA yönteminin sınıflandırmada RO'ya göre üstün performans sergilediği sonuçlarını ortaya koymaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışmada uykuyu kesintiye uğratarak hastaların verimli bir gece uykusu almasına engel olan arousallar, tek kanallı EEG sinyalleri üzerinden sinyal işleme ve makine öğrenmesi yaklaşımları ile tespit edilmiştir. Sinyal işleme aşamasında filtreleme, normalizasyon, segmentasyon ve özellik çıkarma/seçme adımları uygulandıktan sonra, makine öğrenmesi aşamasında optimum parametre değerleri ile en başarılı sınıflandırıcı modelinin bulunması için YSA ve RO algoritmaları ile sınıflandırmalar yapılmıştır.

Sınıflandırma çalışmaları sonucunda görülmektedir ki, hem PSD hem de DWT ile elde edilen özelliklerin bulunduğu Özellik Seti 3'e ait 4 etkin özellik ve YSA yönteminin kullanılması ile test aşamasında en yüksek doğruluk oranı %99.05 olarak elde edilmiştir. Ayrıca bu sınıflandırma sonucunda duyarlılık ve kesinlik ölçütleri de sırasıyla %93.1 ve %98.4 olarak oldukça başarılı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre başka hiçbir PSG sinyal kaydına ihtiyaç duymadan, yalnızca tek kanallı EEG sinyallerine ait 4 etkin özellik ve YSA yöntemi ile arousal tespiti gerçekleştirilebileceği söylenebilir.

Her araştırma grubu kendi verilerini ve doğrulama kriterlerini kullandığı için, bu alandaki diğer çalışmalarla kıyaslamak için belirli bir standart yoktur (Uğur ve Erdamar, 2019). Ama bu alanda yapılan her bir çalışma ile her geçen gün daha da verimli çözümler elde edildiği görülmektedir.

Kaynakça

- American Academy of Sleep Medicine. (2012). The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events, Version v2.0. [Online]. Available: <https://aasm.org/clinical-resources/scoring-manual/>.
- Demir, A., Ursavaş, A., Aslan, A. T., Gülbay, B., Çiftçi, B., Çuhadaroğlu, Ç., Keyf, F., Fırat, H., Yılmaz, M., Gerek, M., Köktürk, O., İtil, O., Karakoç, Ö., Başoğlu, Ö. K., Ersu, R., Ardic, S., Öktem, S., Güven, S. F., & Çiftçi, T. U. (2012). Türk Toraks Derneği Obstrüktif Uyku Apne Sendromu Tanı ve Tedavi Uzlaşısı Raporu. Türk Toraks Dergisi, 13: 1-66.
- Goldberger, A., Amaral, L., Glass, L., Hausdorff, J., Ivanov, P. C., Mark, R., Mietus, J. E., Moody, G. B., Peng, C. K., & Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals. Circulation [Online], 101: e215–e220. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.23.e215>.
- Göğüş, F. Z., Tezel, G., Özşen, S., Küçüktürk, S., Vatansev, H., & Koca, Y. (2020). Identification of Apnea-Hypopnea Index Subgroups Based on Multifractal Detrended Fluctuation Analysis and Nasal Cannula Airflow Signals. Traitement du Signal, 37: 145-156. <https://doi.org/10.18280/ts.370201>.
- Uğur, T. K., & Erdamar, A. (2019). An efficient automatic arousals detection algorithm in single channel EEG. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 137: 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.03.013>.
- Varela, F. I., Pereira, E. H., Estévez, D. A., & Bonillo, V. M. (2017). Combining Machine Learning Models for the Automatic Detection of EEG Arousals. Neurocomputing, 268: 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.11.086>.
- Wallant, D. C., Mutoa, V., Gaggionia, G., Jaspara, M., Chellappaa, S. L., Meyera, C., Vandewallea, G., Maqueta, P., & Phillips, C. (2016). Automatic artifacts and arousals detection in whole-night sleep EEG recordings. Journal of Neuroscience Methods, 258: 124-133. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2015.11.005>.
- Witten, I. H., Frank, E., Trigg, L. E., Hall, M. A., Holmes, G., & Cunningham, S. J. (1999). Weka: Practical machine learning tools and techniques with Java implementations.
- Wong, K., & Leung, A. C. (1998). On-line successive synthesis of wavelet networks. Neural Processing Letters, 7: 91– 100. <https://doi.org/10.1023/A:1009684412215>.
- Xu, J. & Ho, D. W. C. (2002). A basis selection algorithm for wavelet neural Networks. Neurocomputing, 48: 681–689. [https://doi.org/10.1016/S0925-2312\(01\)00638-5](https://doi.org/10.1016/S0925-2312(01)00638-5).



Embedding Encrypted Data into an Image with a Random Pixel Layout Approach

Coşkun Balkesen^{1*}, Hasan Erdinç Koçer²

¹ Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8580-6825)

² Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektirik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0799-2140)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802191)

ATIF/REFERENCE: Balkesen, C. & Koçer, H. E. (2020). Embedding Encrypted Data into an Image with a Random Pixel Layout Approach. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 123-130.

Abstract

With the recent developments in information and communication technologies, data is transferred to digital environments. However, it has become very important to protect the information in digital environments. This situation raises the need for information security. Cryptography and steganography are among the most effective areas in ensuring information security. This study was carried out in order to contribute to information security by using cryptography at the point of making data meaningless by encrypting, and steganography at the point of hiding meaningless data. In this study, random pixel layout approach is used to hide the encrypted data into a 24-bit image. The proposed technique was examined on images with different file types and resolutions. The Structural Similarity Index Measure (SSIM), Mean Square Error (MSE) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) parameters were revealed to measure the effectiveness of the proposed approach. It has been observed from the application that this method increases the security level of embedding data process.

Keywords: Cryptography, Data encryption, Data hiding, Steganography, Random pixel.

Şifrelenmiş Verileri Rast Gele Piksel Yaklaşımı ile Bir Görüntüye Gömme

Öz

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki son gelişmeler ile veriler dijital ortamlara aktarılmaktadır. Bununla beraber dijital ortamlarda yer alan bilgilerin korunması oldukça önemli hale gelmiştir. Bu durum bilgi güvenliği ihtiyacını artırmaktadır. Bilgi güvenliğinin sağlanmasında en etkili alanlar arasında kriptografi ve steganografi yer almaktadır. Bu çalışma, verilerin şifrelenerek anlamsız hale getirilmesi noktasında kriptografi, anlamsız verilerin gizlenmesi noktasında ise steganografi kullanılarak bilgi güvenliğine katkı sağlamak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada, şifrelenmiş verileri 24 bitlik bir görüntüye gizlemek için rastgele piksel düzeni yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen teknik, farklı dosya türleri ve çözünürlüklere sahip görüntüler üzerinde incelenmiştir. Önerilen yaklaşımın etkinliğini ölçmek için Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçümü (SSIM), Ortalama Kare Hata (MSE) ve Pik Sinyal Gürültü Oranı (PSNR) parametreleri ortaya çıkarılmıştır. Uygulamadan bu yöntemin veri gömme işleminin güvenlik seviyesini artırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kriptografi, Veri şifreleme, Veri gizleme, Steganografi, Rastgele piksel.

* Corresponding Author: Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya,, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8580-6825, c.balkesen@gmail.com

1. Introduction

Information, every period of history is to confront human beings as a significant phenomenon. In fact, the reason for many important events in history that can cause the destiny of many civilizations to change and even the age to close and the era to open is actually knowledge. Since the discovery of the article, the security of the information that can be shared and stored has always been in question. Methods were applied to ensure the security of information in every period. Information has been transferred to the computer environment with the digitalization of information and technological developments. Parallel to these developments, modern approaches and methods have been developed to ensure the security of information in the computer environment. Internet networks have expanded considerably with the recent developments in the internet world. Thus, many people can gather on the same platform regardless of time and place. This situation threatens the security of information in digital environments. Encryption and hiding methods, which are very popular today, have been developed in order to eliminate the threats to information security by preventing unauthorized access to information.

Cryptology is a mathematical science that deals with hiding and revealing information (Soyalıç, 2005). It is known that the main purpose in cryptology is to hide the meaning of certain words, to ensure the security of words, to protect their privacy (Oppliger, 2005). Cryptology has two main sub-branches; Cryptography and Cryptoanalysis. Cryptography is about encryption. It is the process of making open data meaningless by encrypting it. Since the information encrypted with the cryptography process will be meaningless even if it is captured by third parties, the real information is protected and third parties are prevented from accessing real information. Cryptoanalysis is the process of deciphering encrypted information. It is the conversion of the information that is encrypted and made meaningless by the sender to open form. It is the reverse of the cryptography process.

There are different approaches to data encryption. Cryptography algorithms are examined under two main headings according to key usage patterns. These are symmetric (private key) and asymmetric (public key) encryption algorithms. The same key is used for data encryption and data decryption in symmetric encryption algorithms. AES (Advanced Encryption Standard) and DES (Data Encryption Standard) are examples of symmetric encryption algorithms. There are two different keys in asymmetric encryption algorithms. The keys used for decryption and encryption processes in asymmetric encryption algorithms are different. Hence, public and private key pairs are unique for each user. RSA (Ron Rivest, Adi Shamir, Leonard Adleman) and DSA (Digital Signature Algorithm) algorithms are commonly used asymmetric encryption algorithms in literature (Kodaz & Botsalı, 2010).

The AES method is the most used method in cryptography method. AES is known as the standard Rijndael algorithm. A symmetric key with high efficiency in terms of security and speed is block cipher (Chan & Cheng, 2004; Sarmah & Bajpai, 2010; Seth, Ramanathan, & Pandey, 2010). AES is of three types according to the key size used and named as "AES-128", "AES-192" and "AES-256".

Steganography is data hiding. It is defined as the art of sending a message or information to the destination in a way that no one but the recipient will notice. In the steganography process, the environment where the data will be hidden is needed. The carrier object that contains data is called a cover object. The cover object can be in different file types depending on the steganography area to be applied. The object that is revealed after the hiding process is called a stego object (Petitcolas, Anderson, & Kuhn, 1999). Although steganography is not an encryption method, it is a complementary element to encryption (Anderson, 1997).

Although there are various methods in the field of image steganography, LSB (Least Significant Bit) method, which minimizes the distortion in the image, is a prominent method. Because the data hidden in the picture should not be noticed. A noticeable deterioration in the picture endangers the security of the information it contains.

2. Material and Method

In the study, it was aimed to embed the encoded data in randomly selected pixels in the image by using cryptography and steganography methods together. AES was chosen as the encryption algorithm and LSB method was chosen for the embedding of the encrypted data. It is aimed to increase data security by randomly selecting the pixels to be used to hide the data in the image. The software belonging to the developed method was created through Visual Studio.Net. The algorithm steps for the software developed are included in Table 1.

Table 1. Algorithms Steps of the Software Developed

Step	Process
Step 1:	Get matte object (image)
Step 2:	Get the information to be hidden
Step 3:	Encrypt information with AES
Step 4:	Randomly select pixels to hide data
Step 5:	Embed data in R, G and B channels of selected pixels by LSB method
Step 6:	Encrypt pixel values for selected pixels
Step 7:	Embed pixel values selected according to the original mathematical model

2.1. AES-256 Encryption Algorithm

The AES-256 encryption algorithm uses a 256-bit long key. The number of turns depends on the key length and is 14. 128-bit data blocks are used for encryption of data (Stinson, 2006). In the AES-256 encryption algorithm, a 128-bit data block is converted into a 4×4 byte matrix. After this process, the following operations are performed in each cycle (Smith, 2010).

- a) Replacement of bytes (Sub-Bytes transformation)
- b) Translation of lines (Shift-Rows transformation)
- c) Mixing columns (Mix-Columns transformation)
- d) Adding a key to the loop (Add RoundKey transformation)

In AES encryption algorithm, the decryption process is done by replacing the rows in the encryption, shifting of bytes, shuffling of columns with inverse operations. The point to note here is that the key conversion is the inverse itself (Sakalli, 2006).

2.2. Structure of Digital Picture

The smallest significant unit of a digital image is a pixel. In 24-bit images, each pixel is the result of the combination of three primary colours. These colours are red (red, R), green (green, G), blue (blue, B). The resulting colour value is also the RGB value of the pixel. Each colour is expressed in 8 bits. In this case, it can be said that there are 16 million colour options for each pixel in 24-bit images (Morkel, Eloff, & Olivier, 2005).

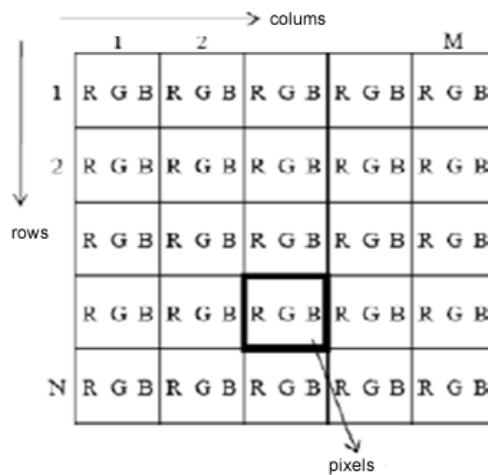


Figure 1. Structure of 24-bit colour digital picture

2.3. LSB Method

LSB method is the method of adding the least important bit. It occurs by replacing the least significant bit, which is the last bit of each byte of each pixel selected, with the least significant bit of the next character of the data to be hidden. In this case, the change in the colour channels of the pixels is ± 1 at worst and 0 at best. As a result of the concealing process, the difference between the cover object and the stego image is a degree that cannot be distinguished by the human eye. Table 2 contains an example of embedding the 8-bit letter "C" into 3 pixels in a 24-bit digital image.

Table 2. Sample Bit Embedding

Data to be hidden:		"C" letter (ASCII = 67= (0100011) ₂)		
Original Picture	Pixels	Colour Channels		
		R	G	B
1.Pixel		00100111	11101001	11001000
2.Pixel		00100111	11001000	11101001
3.Pixel		11001000	00100111	11101001
After Hiding Pixels		R	G	B
1.Pixel		0010011 <u>0</u>	11101001	1100100 <u>1</u>
2.Pixel		0010011 <u>0</u>	11001000	1110100 <u>0</u>
3.Pixel		11001000	00100111	1110100 <u>0</u>

2.4. Developed Method

With the method developed in this study, the process of hiding data into the image is not directly hidden, but by encrypting with the AES-256 encryption method. Since AES-256 is a symmetric encryption algorithm, the same key is needed for data encryption and decryption. Key must be 256 bit 32 characters. While users create 8 characters of the 32-character key in accordance with the principles of password security, the other characters are completed by the software and the key is created. The ASCII binary equivalent of the next character of the encrypted data is obtained. The ASCII counterpart of the character is divided into bits and embedded in the image with the LSB method. The pixels to be embedded in data are randomly selected by software. In order to reach the correct data during the decoding of the hidden data, the pixel information selected in the data hiding stage is hidden in the image with the original mathematical model shown in the expression (1).

$$k=k+((bmp.width)/3) \tag{1}$$

Here, bmp.width is a width of the picture, k is the vertical index of the selected pixel and the starting value of 0 in each row. Figure 2 shows the screen shot of the software developed.

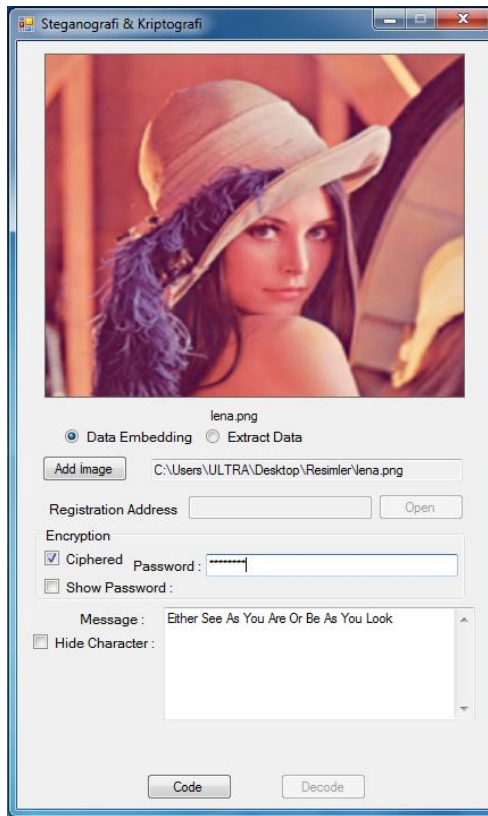


Figure 2. Image of the software developed

3. Results and Discussion

The difference between cover object and stego object is very important for evaluating a steganography application. It can be said that the less the change in the cover object, the higher the success of the said steganography algorithm. In particular, there should not be any visible change in the stego object obtained in image steganography.

The most known measurement methods for determining the change in the cover object, in other words the rate of distortion in image steganography applications are MSE (Mean Squared Error), PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) and SSIM (Structural Similarity Index Measure).

MSE is used to measure between two strings of numbers. It is a test based on mean square error. Pixels in the images are treated as a matrix of size M x N. The mean square error is calculated by the formula (2) with the source picture x and the data embedded picture y.

$$MSE = \left(\frac{1}{M \times N}\right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - y_{ij})^2 \tag{2}$$

Noise is one of the important factors that determine image quality. PSNR is used to reveal the quality difference between the original image and the compressed image. PSNR is a measurement showing the ratio of the maximum possible power of the original

image to the strength of the compression error on the original image. It can be expressed as the calculation of the highest signal to noise ratio among images (Karaca, 2007). It is measured in decibels. In the calculation of PSNR, the noise ratios of the cover object and the stego object are compared. Calculation of PSNR is given in equation (3).

$$PSNR=10 \times \log \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \text{ (dB)} \quad (3)$$

SSIM is a method used for similarity between two images. The SSIM index acknowledges that one of the two images compared is of excellent quality. In this case, one of the two images acts as the quality image of the other. Since PSNR and MSE measurements do not exactly fit human eye perception, SSIM was designed as an alternative to them. The equations used for SSIM measurement are given below. Structural similarity index; μ_x , μ_y , σ_x , σ_y and σ_{xy} are calculated by the connection in the expression (7), namely local averages, standard deviations, cross covariances and I brightness (4), c contrast (5), s structure (6), respectively.

$$l(x,y)=\frac{2\mu_x\mu_y+c_1}{\mu_x^2+\mu_y^2+c_1} \quad (4)$$

$$c(x,y)=\frac{2\sigma_x\sigma_y+c_2}{\sigma_x^2+\sigma_y^2+c_2} \quad (5)$$

$$s(x,y)=\frac{\sigma_{xy}+c_3}{\sigma_x\sigma_y+c_3} \quad (6)$$

$$SSIM(x,y)= [l(x,y)]^\alpha+[c(x,y)]^\beta+s(x,y)^\gamma \quad (7)$$

With the help of the software developed for the determined method, the advice of Mevlana Celaledin-I Rumi "Either See As You Are Or Be As You Look" has been embedded in five images with different resolutions. The images used as the cover object and the resulting stego images are shown in Figure 3. MSE, PSNR and SSIM measurements were made. MSE and PSNR values are given in Table 3, SSIM values are given in Table 4.

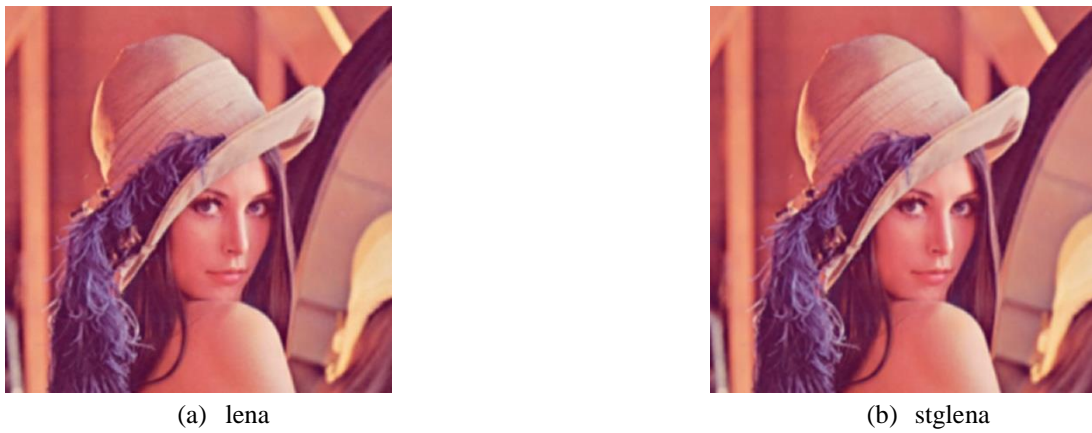


Figure 3. Cover object and stego images



(e) flowers



(f) stgflowers



(g) airplane



(h) stgairplane



(i) fruit



(j) stgfruit

Figure 3. Cover object and stego images

Table 3. MSE and PSNR Values Between Information Hidden Images and Original Image

Cover Object		Stego Object	MSE			PSNR		
File Name	Resolution	File Name	R	G	B	R	G	B
lena	512*512	stglena	0,0010452	0,0010529	0,0010643	77,860163	77,906932	77,93881
house	650*344	stghouse	0,0003973	0,0003782	0,0003483	82,711269	82,353588	82,139618
fruit	1440*600	stgfruit	0,0003299	0,0003391	0,000331	82,932524	82,827526	82,94698
flowers	690*450	stggrilena	0,0008921	0,0008986	0,000934	78,427335	78,595139	78,626668
airplane	2560*1600	stgplane	0,0000652	0,0000669	0,0000691	89,736023	89,876542	89,988328

Table 4. SSIM Values

Cover Object		Stego Object	SSIM
File Name	Resolution	File Name	
lena	512*512	stglena	0,9983
house	650*344	stghouse	0,9984
fruit	1440*600	stgfruit	0,9994
flowers	690*450	stgplane	0,9983
airplane	2560*1600	stgflowers	0,9996

When the data in Table 3 are examined, it is seen that MSE values are low and PSNR values are high. Low MSE and high PSNR value indicates minimal distortion in the picture. In addition, the fact that the SSIM values in Table 4 are very close to one is an indication that the difference between cover objects and stego objects is almost negligible. It is important for information security to embed data in the cover object in a way that causes the least disruption. The MSE, PSNR and SSIM values obtained support that the proposed method is effective at this point.

An important result obtained is that MSE, PSNR and SSIM values are related to resolution. As can be seen in Table 3 and Table 4, as a result of using images with high resolution as a cover object, MSE values were lower, PSNR values were higher and SSIM values were closer to one. Based on this, it is possible to say that the proposed method is more effective in high resolution images.

Table 5 includes the results of four different studies on Cryptography and Steganography and the results of the study made with the proposed method. In order to make the comparison healthy, data close to the amount of data hidden in other studies were hidden in the image named Lena at the same resolution. When the table is examined, it is seen that although the amount of data hidden in the study was high, the PSNR and SSIM values were high. This situation shows that the developed method gives better results.

Table 5. Comparison With Other Studies

Steganographic Studies	Test Picture	Hidden Data (bit)	PSNR (dB)	SSIM
1. Lin et al. (Lin, Chang, & Lie, 2010)	Barbara	53248	27,03	0,9933
2. Swain and Lenka (Swain & Lenka, 2012)	Lena	20032	53,78	0,9996
3. Doğan et al. (Doğan, Dağ, & Türkoğlu, 2016)	Lena	12282	34,34	0,9971
This study	Lena	42280	51,29	0,9800

4. Conclusions and Recommendations

Steganography and cryptography algorithms are frequently used algorithms to ensure data privacy and security. Using steganography algorithms alone causes the data to remain open. With the use of cryptography algorithms alone, data is encrypted and becomes meaningless, but the element to hide the information is needed. At this point, steganography and cryptography algorithms complement each other.

In the proposed model, the data is encrypted with AES 256 bit and a 32 character key. In order to minimize the deterioration, LSB method was used in image steganography application. However, in this method, the sequential selection of the pixels to be embedded in the data jeopardizes the data security and increases the detectability of the data. In order to avoid this situation, pixels are chosen randomly. In addition, original models were used to embed the pixel information used in encoding into the image to be used in the decoding phase. In the process of hiding the information with random pixel selection and original mathematical model, the detectability of the information is reduced, and it will be more difficult to obtain the real text as it will be meaningless if the information is detected with encryption.

Acknowledge

This report belongs to Coskun BALKESEN's thesis on "High Security Data Hiding in Images by Using Cryptography and Steganography Methods" in Selcuk University, Institute of Science and Technology Department.

References

- Anderson, R. (1997). Stretching the Limits of Steganography. *Information Hiding*, 1174, 39-48.
- Chan, C.-K., & Cheng, L. M. (2004). Hiding data in images by simple LSB substitution. *Pattern Recognition*, 37, 469-474.
- Doğan, F., Dağ, R., & Türkoğlu, İ. (2016). İmgeler İçin Farklı Bir Veri Gizleme Yaklaşımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 501-514.
- Karaca, N. (2007). *Alçak Çözünürlüklü Fotoğrafların Görüntülenmesi ve Bunların Optimizasyonu ile İlgili Bir Çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, İzmir.
- Kodaz, H., & Botsalı, F. M. (2010). Simetrik ve Asimetrik Şifreleme Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 9(1), 10-23.
- Lin, G. S., Chang, Y. T., & Lie, W. N. (2010). A Framework of Enhancing Image Steganography With Picture Quality Optimization and Anti-Steganalysis Based on Simulated Annealing Algorithm. *IEEE Transactions on Multimedia*, 12(5), 345-357.
- Morkel, T., Eloff, J. H. P., & Olivier, M. S. (2005). *An overview of image steganography*. Paper presented at the Proceedings of the ISSA 2005 New Knowledge Today Conference, Sandton.
- Oppliger, R. (2005). *Contemporary Cryptography* Norwood: Artech House Publishers
- Petitcolas, F. A. P., Anderson, R. J., & Kuhn, M. G. (1999). Information Hiding—A Survey. *Proceedings of the IEEE*, 87, 1062-1078.
- Sakallı, M. T. (2006). *Modern Şifreleme Yöntemlerinin Gücünün İncelenmesi* (Doktora Tezi), Trakya Üniversitesi, Tekirdağ.
- Sarmah, D. K., & Bajpai, N. (2010). Proposed System for Data Hiding Using Cryptography and Steganography. *International Journal of Computer Applications*, 8, 7-10.
- Seth, D., Ramanathan, L., & Pandey, A. (2010). Security Enhancement: Combining Cryptography and Steganography. *International Journal of Computer Applications*, 9, 3-6.
- Smith, D. (2010). *Multivariate Cryptography*. (Doktora Tezi), Indiana University, Bloomington.
- Soyalıç, S. (2005). *Kriptografik Hash Fonksiyonları ve Uygulamaları*. (Yüksek Lisans), Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Stinson, D. R. (2006). *Cryptography: Theory and Practice* (3 ed.). Boca Raton: CRC.
- Swain, G., & Lenka, S. (2012). LSB Array Based Image Steganography Technique by Exploring the Four Least Significant Bits. *Communications in Computer and Information Science*, 270, 479-488.



Düşük Çözünürlüklü Termal Yüz Görüntü Çözünürlüğünün Derin Öğrenme İle Artırılması

Fatih Mehmet Şenalp^{1*}, Murat Ceylan²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7831-6724)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6503-9668)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802174)

ATIF/REFERENCE: Şenalp, F. M. & Ceylan, M. (2020). Düşük Çözünürlüklü Termal Yüz Görüntü Çözünürlüğünün Derin Öğrenme İle Artırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 131-135.

Öz

Termal görüntüleme, gözle görülmeyen kızılötesi enerjisi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını kızılötesi enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlediği görüntüleme sistemidir. Genelde güvenlik amaçlı kullanılmakla birlikte çok çeşitli sektörlerin de kullanımına açıktır. Özellikle son yıllarda termal görüntüleme sistemleri medikal alanda da oldukça geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Termal görüntüleme, tasarımı zor ve maliyeti yüksek bir görüntüleme sistemidir. Bundan dolayı termal görüntülerin çözünürlüğünün artırılması için termal görüntüleme alanındaki süper çözünürlük uygulamalarına ilgi son yıllarda oldukça artmıştır. Burada derin öğrenme alanındaki gelişmeler bu çalışmaları hızlandırmış ve başarıyı artırmıştır. Bu çalışmada da insan yüzlerine ait RGB termal görüntüler üzerinde çekişmeli üretici ağlar kullanılarak süper çözünürlük uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Variocam HD termal kameradan elde edilen görüntüler yüksek çözünürlüklü, Flir One Pro termal kameradan elde edilen görüntüler ise düşük çözünürlüklü görüntüler olarak kullanılmıştır. Bu proje için 12 kişiye ait 5' er adet termal görüntü çifti (yüksek çözünürlüklü-düşük çözünürlüklü) kullanılmıştır. Bu görüntülerden 45' er çift görüntü eğitim veri seti olarak, 15' er çift görüntü ise test veri seti olarak ayrılmıştır. Çekişmeli üretici ağı eğitilmesi sırasında gradyanın yok olması probleminin önüne geçmek ve ağı daha hızlı eğitilmesini sağlamak amacıyla hem üretici ağı hem de ayırt edici ağı kısmında batch normalizasyon katmanları kullanılmıştır. Artık (residual) bloklar çok derin ağların eğitim zorluklarını kolaylaştırarak başarı performansını artırdığı için üretici ağına, ResNet' e benzer şekilde atlamalı bağlantı (skip connection) uygulanmıştır. Ağı eğitilmesi sonucunda elde edilen sonuçların başarı performansı PSNR (tepe sinyal gürültü oranı) ve SSIM (yapısal benzerlik indeksi ölçümü) görüntü kalite metrikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak biküçük interpolasyona kıyasla PSNR değerlerinde yaklaşık 1,5dB'lik bir artış ve SSIM değerlerinde yaklaşık % 6'lık bir artış gözlemlenmiştir. İlerde yapılacak çalışmalarda, derin ağı daha fazla veri kullanılarak ve iki farklı kameradan elde edilen görüntülerin renk tonları birbirine benzetilerek eğitilmesi sonucunda yüksek maliyetli termal kamera sistemlerine bir alternatif çözüm sunulabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Termal görüntüleme, Derin öğrenme, Süper çözünürlük.

Enhancement of Low Resolution Thermal Face Image Resolution Using Deep Learning

Abstract

Thermal imaging is an imaging system based on invisible infrared energy (heat) and the general structure of the image is determined by colors and shapes formed according to infrared energy. Although it is generally used for security purposes, it is open to use in a wide variety of sectors. Especially in recent years, thermal imaging systems have found a wide range of use in the medical field. Thermal imaging is an imaging system that is difficult to design and expensive. Therefore, interest in super resolution applications in the field of thermal imaging to increase the resolution of thermal images has increased considerably in recent years. Here, developments in the field of deep learning have accelerated these studies and increased the success. In this study, super resolution application was carried out on RGB thermal images of human faces by using adversarial generating networks. In this study, the images obtained from the Variocam HD thermal camera were used as high resolution images, while the images obtained from the Flir One Pro thermal camera were used as low resolution images. For this project, 5 pairs of thermal images (high resolution-low

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7831-6724, fatih.senalp@gmail.com

resolution) belonging to 12 people were used. Of these images, 45 are separated as double image training data set, and 15 double images as test data set. Batch normalization layers were used in both the generative network and the discriminator network part in order to avoid the problem of gradient disappearance during the training of the generative adversarial network and to provide faster training of the network. Since residual blocks facilitate the training difficulties of very deep networks and increase the success performance, a skip connection has been applied in the generator network similar to ResNet. The success performance of the results obtained as a result of training the network was evaluated using the image quality metrics PSNR (peak signal to noise ratio) and SSIM (structural similarity index measure). As a result, an increase of approximately 1.5dB in PSNR values and an increase of approximately 6% in SSIM values were observed compared to bicubic interpolation. In future studies, an alternative solution to high cost thermal camera systems can be offered as a result of training the deep network by using more data and by simulating the color tones of images obtained from two different cameras.

Keywords: Thermal imaging, Deep learning, Super resolution.

1. Giriş

Kızılötesi termal görüntüleme, non-invazif, iyonize olmayan, zararsız ve hızlı bir yöntemdir. Temassız sıcaklık ölçüm imkanı sunmaktadır. Bu sebeplerden dolayı termal görüntüleme cihazları çeşitli uygulamalarda önemli bir problem teşhis aracı olarak değerlendirilmektedir. Termal görüntüleme, görüntü işleme alanında kamu güvenliği, sağlık, savunma gibi alanlarda kullanılabildiği için avantajlı bir yapıya sahiptir. Fakat termal görüntülerde, yüksek frekans bölgeleri tam olarak tespit edilememekte ve detay seviyesi düşük olan bulanık görüntüler elde edilmektedir. Bundan dolayı termal kamera görüntülerinde süper çözünürlük tekniklerinin uygulanması, tasarımı oldukça zor ve pahalı olan yüksek çözünürlüklü termal kameralara alternatif çözümler sunabilmektedir (Zhang vd., 2018).

Son yıllarda daha fazla görüntü kalitesi sağlayan kameralara olan talep çok hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Ancak donanım seviyesinde elde edilecek çözünürlük miktarının sınırlı kalması bu konuda farklı çalışmalarını tetiklemiştir. SR(süper çözünürlük), gözlemlenmiş düşük çözünürlüklü görüntüden yüksek çözünürlüklü görüntü elde etme tekniğidir. Başka bir deyişle yüksek çözünürlüklü(HR) bir görüntünün, düşük çözünürlüklü(LR) karşılığından tahmin edilmesidir (Yue vd., 2018). Süper çözünürlük ile ilgili temel çalışmalarda bazı interpolasyon teknikleri kullanılmaktadır. Interpolasyon, bilinen verileri kullanarak bilinmeyen noktadaki değerleri tahmin etme yöntemidir (Toyran, 2008). Son yıllarda ise derin ağ modelleriyle gerçekleştirilen süper çözünürlük veya görüntü kalitesi artırma uygulamaları popüler bir hale gelmiştir (Dong vd., 2016).

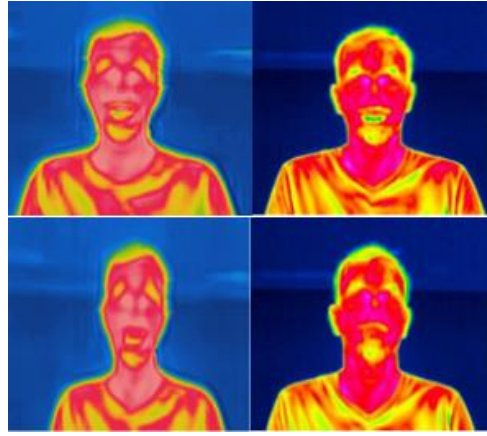
Süper çözünürlüğün oldukça geniş bir uygulama alanı vardır ve bu kavramının başlıca uygulamaları şu şekilde sıralanabilir; uydu veya hava görüntülerinin (Dong vd., 2016), yüz imgelerinin(Guei vd., 2018), iris ve göz imgelerinin (Nguyen vd., 2013), yazı çıktılarının (Glasner vd., 2009), işaret veya plaka bilgilerinin (Glasner vd., 2009), parmak izi imgelerinin geliştirilmesi (Singh vd., 2015). Bunlara ek olarak biyomedikal imge işleme alanında da süper çözünürlük kavramına ait çok sayıda uygulama bulunmaktadır (Gu vd., 2020).

Süper çözünürlük alanında yapılan çalışmalarda genellikle yüksek çözünürlüklü görüntülerin biküzik interpolasyon gibi yöntemlerle boyutları düşürülerek düşük çözünürlük görüntüler elde edilmektedir ve veri seti bu şekilde oluşturulmaktadır. Bu çalışmada ise birbirinden bağımsız 2 farklı kameradan alınan görüntüler veri seti olarak kullanılmıştır. Variocam HD termal kamera yüksek maliyetli ve kaliteli görüntüler elde edilmesini sağlarken, maliteyi çok daha düşük Flir One Pro termal kameradan elde görüntüler daha düşük kalitede görüntüler sağlamaktadır. Buradaki amaç, orijinal bir görüntüyü bozup o görüntünün çözünürlüğünü iyileştirmekten ziyade düşük maliyetli kameradan elde görüntülerin çözünürlüğünü yüksek maliyetli ve kaliteli sonuçlar veren kameranın performansına yaklaştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Setinin Elde Edilmesi

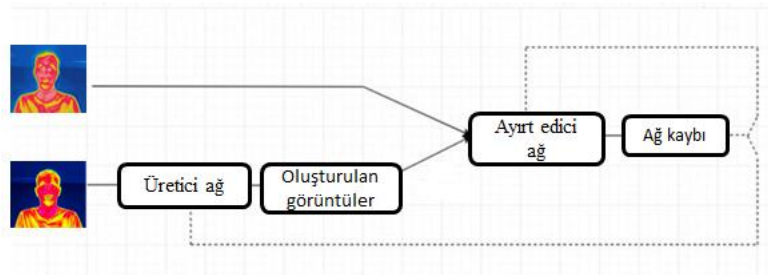
Gerçekleştirilen çalışmada, 12 farklı insan yüzüne ait iki farklı termal kameradan elde edilen görüntülerle eğitim ve test veri seti oluşturulmuştur. Görüntüler elde edilirken, pozlama farklılıklarının sağlayabileceği bilgi çeşitliliğinden yararlanmak amacıyla her kişi için 5 farklı RGB termal görüntü alınmıştır. Görüntü çekimleri yaklaşık olarak 1 metre mesafeden yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada, Variocam HD termal kamera kullanılarak 640x480 boyutunda yüksek çözünürlüklü termal görüntüler elde edilmiştir. Ayrıca Flir One Pro termal kamera ile elde edilen düşük çözünürlüklü termal görüntüler yeniden boyutlandırılarak 160x120 boyutuna sahip olacak şekilde düzenlenmiştir. Böylece yüksek çözünürlüklü görüntülerden ve buna karşılık gelen düşük çözünürlüklü görüntülerden oluşan veri seti elde edilmiştir. Şekil 1' de bir kişiye ait iki farklı düşük-yüksek çözünürlüklü görüntü çifti gösterilmektedir. Eğitim ve test verileri birbirinden farklı olacak şekilde, 45' şer adet yüksek ve düşük çözünürlüklü RGB termal görüntü eğitim verisi olarak belirlenmiş olup, 15'şer adet yüksek ve düşük çözünürlüklü RGB termal görüntü ise test verisi olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Düşük ve yüksek çözünürlüklü görüntü çifti

2.2. Derin Öğrenme Modeli

Bu çalışmada, derin ağ modeli olarak ÇÜA (çekişmeli üretici ağlar) temelli geliştirilen bir model olan SRGAN(super resolution generative adversarial networks) kullanılmıştır (Ledig vd., 2017). ÇÜA mimarisi üretici(generator) ağ ve ayırt edici(discriminator) ağ olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Düşük çözünürlüklü görüntüler üretici ağ vasıtasıyla üst örneklenir ve süper çözünürlüklü görüntüyü çıktı olarak oluşturmaktadır. Ayırt edici ağ ise süper çözünürlüklü görüntü ile yüksek çözünürlüklü görüntü arasında ayırım yapabilmesi ve ağ kaybını kullanarak geri besleme yöntemiyle(back propagation) ayırt edici ağın ile üretici ağın eğitilmesi için kullanılmıştır. Ağın mimarisi Şekil 2' de gösterilmektedir(Ledig vd., 2017). Bu ağ modeli hem veri setinin büyüklüğü hem de veri setindeki görüntülerin boyutlarına göre yeniden düzenlenerek uygulanmıştır. Görüntülerden rastgele 32x32 boyutunda parçalar alınarak üretici ağda işlenecek ve ayırt edici ağa 128x128 boyutunda üst ölçeklenmiş olarak iletilecek şekilde düzenlenmiştir. Bu şekilde ağın eğitimi 7000 iterasyon boyunca devam ettirilmiştir. Ağın eğitimi aşamasında öğrenme oranı 0.0003 tercih edilmiş olup optimasyon metodu olarak Adam optimizasyon algoritması kullanılmıştır.



Şekil 2. ÇÜA Mimarisi

Düşük çözünürlüklü görüntüler üretici ağ vasıtasıyla üst örneklenir ve süper çözünürlüklü görüntüyü çıktı olarak oluşturmaktadır. Ayırt edici ağın süper çözünürlüklü görüntü ile yüksek çözünürlüklü görüntü arasında ayırım yapabilmesi için ÇÜA kaybı kullanılarak geri besleme yöntemi vasıtasıyla ayırt edici ağ ve üretici ağ eğitilmiştir. Ayrıca oluşturulan süper çözünürlüklü görüntü ile yüksek çözünürlüklü (ground truth) görüntüler arasındaki algısal(perceptual) farkları elde etmek ve değerlendirmek için content ve adversarial kayıpları kapsayan algısal kayıp (perceptual loss) kullanılmaktadır (Johnson, Alahi ve Li, 2016).

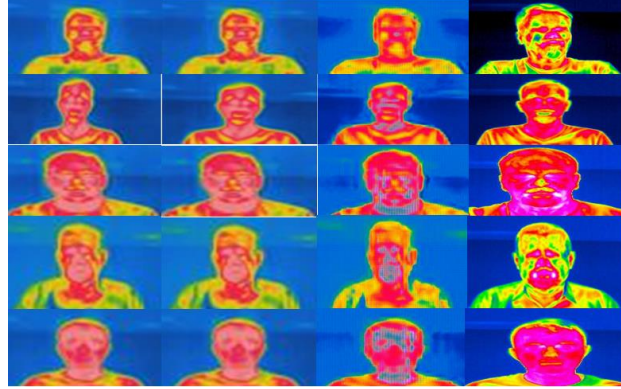
Ağ mimarisi genel olarak konvolüsyon katmanları, batch normalizasyon ve aktivasyon katmanlarından (relu, leakyrelu, swish, tanh) meydana gelmektedir. Üretici ağında swish ve ReLU aktivasyon fonksiyonları kullanılarak hem negatif kısımda öğrenmenin sağlanması hem de eğitim hızında önemli bir düşüşün önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Böylece ağın daha az görüntü ile hızlı bir şekilde eğitilmesi sağlanmış olmaktadır. Ayırt edici ağında ise LeakyReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılarak negatif öğrenme daha stabil bir şekilde gerçekleşmiştir. Bunun dışında gradyanın yok olması probleminin önüne geçmek ve ağın daha hızlı eğitilmesini sağlamak amacıyla hem üretici (generator) hem de ayırt edici (discriminator) kısmında batch normalizasyon katmanları kullanılmıştır (Ioffe ve Szegedy, 2015). Ayrıca artık(residual) bloklar çok derin ağların eğitim zorluklarını kolaylaştırarak başarı performansını artırdığı için üretici ağında, ResNet' e benzer şekilde atlama bağlantı (skip connection) uygulanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Araştırma Sonuçları

Bu çalışmada, görsel kalitenin iyileştirilmesinin yanı sıra başarı performansının değerlendirilmesi amacıyla PSNR ve SSIM görüntü kalite metrikleri göz önüne alınmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada giriş görüntüsünün boyutu x4 üst örneklenerek süper çözünürlüklü görüntü elde edilmiştir. Giriş görüntülerinin boyutları 160x120 iken referans (ground truth) ve çıktı olarak elde edilen

süper çözünürlüklü görüntülerin boyutları 640x480'dir. Elde edilen sonuçlardan bazıları Şekil 3' de gösterilmektedir. Burada ilk sütun düşük çözünürlüklü giriş görüntülerini, ikinci sütun bikübik interpolasyon sonucu oluşan görüntüleri, üçüncü sütun derin ağı çıkıtsı olan süper çözünürlüklü görüntüleri ve son sütun temel referans olarak kullanılan yüksek çözünürlüklü görüntüleri temsil etmektedir.



Şekil 3. Örnek görüntü sonuçları

Görüntü kalitesinde en önemli etkilerden biri gürültüdür. Burada PSNR değerinin yüksekliği, görüntünün o derece kaliteli olduğunu ve gürültünün de o derece az olduğunu ifade etmektedir. PSNR değeri hesaplanırken referans bir giriş görüntüsü alınır ve bu görüntüdeki gürültüyü ölçmek için bir çıkış görüntüsüyle karşılaştırılır. PSNR değeri Denklem 1'de verilen formülle hesaplanmaktadır (Javaid vd., 2013).

$$PSNR = 20 \times \log_{10} (255 \sqrt{MSE(I,I_0)}) \quad (1)$$

Yapısal benzerlik indeksi(SSIM), iki çerçeve arasındaki yapısal benzerliği ölçen bir kalite ölçütüdür. Bu görüntü kalite metriği, iki çerçeve arasındaki yapısal bilgiye ait varyasyondaki değişimleri dikkate aldığı için çerçevelerdeki kalite bozulmasını ifade etmektedir. SSIM değeri Denklem 2' de verilen formülle hesaplanmaktadır (Javaid vd., 2013).

$$SSIM(n) = [2\mu_{IR} (n)\mu_{ID} (n)+ C1]/[2\sigma_{IR} ID (n)+ C2] / [\mu_{IR} 2(n)+ \mu_{ID} 2(n)+ C1]/[\sigma_{IR} 2(n)+ \sigma_{ID} 2(n)+ C2] \quad (2)$$

Derin ağı modelinin eğitilmesi sonucu elde edilen görüntülere ait PSNR/SSIM değerleri, bikübik interpolasyon sonucu elde edilen görüntülere ait PSNR/SSIM değerleri ve düşük çözünürlüklü görüntüye ait PSNR/SSIM değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 1' de sonuçlar gösterilmektedir. Düşük çözünürlüklü giriş görüntüleriyle mukayese edildiğinde, bikübik interpolasyon sonucunda PSNR değerlerinde yaklaşık 0,5 dB'lik bir artış sağlanırken süper çözünürlüklü görüntülerde yaklaşık 2 dB'lik bir artış gözlemlenmiştir. SSIM değerlerinde ise sırasıyla %1,5 ve %7 civarında bir artış gözlemlenmiştir.

Tablo 1. PSNR/SSIM Sonuçları

Düşük çözünürlüklü görüntü		Bikübik interpolasyon		SRGAN	
PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
23,357	0,738	23,992	0,753	25,525	0,816

3.2. Tartışma

Bu çalışma sonucundan elde edilen sonuçlar veri setinin küçüklüğü göz önüne alındığında tatmin edici boyutlardadır. İlerleyen çalışmalarda daha fazla termal görüntünün kullanılması ve farklı mesafelerde yapılacak çekimlerden elde edilecek görüntü zenginliği ile birlikte termal kameradan elde edilen termal görüntülerin renk tonlarının birbirine daha fazla benzetilmesi sağlanarak maliyeti yüksek olan termal görüntüleme sistemlerinin görüntü kalitesine yaklaşılması öngörülmektedir.

4. Sonuç

Termal görüntülemenin yaygınlaşan kullanım alanına karşılık sistem maliyetinin yüksek olması, araştırmacıların termal görüntülerde süper çözünürlük uygulamalarına odaklanmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada da derin öğrenme modeli ile termal görüntüler üzerinde süper çözünürlük uygulaması yapılarak, temel bir görüntü iyileştirme tekniği olan bikübik interpolasyon yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar görüntü kalite metrikleri olan PSNR ve SSIM değerleriyle değerlendirilmiş ve başarılı

sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ileride yapılacak uygulamalarda, yapay zeka ve büyük veri seti kullanımının yüksek maliyetli termal görüntüleme sistemlerine yakın bir performans gösterebileceğine dair umut vermektedir.

Bu çalışmada kullanılan Variocam HD termal görüntüleme sisteminin maliyeti yaklaşık 15.000 Euro civarındadır. Buna karşılık düşük çözünürlüklü görüntüleri elde etmek için kullanılan Flir One Pro termal kameranın maliyeti 600 Euro civarındadır. Görüldüğü üzere iki termal kamera arasında ciddi bir miktarda maliyet farkı mevcuttur. Ayrıca klasik termal görüntüleme sisteminin kurulumu ve görüntülerin elde edilmesi Flir One Pro termal kamera ile karşılaştırıldığında daha fazla zaman almaktadır. Sonuç olarak hem kullanımı daha kolay olan hem de maliyeti çok daha düşük olan bir sistem meydana getirilerek termal görüntüleme sistemlerindeki kullanımın yaygınlaşması amaçlanmaktadır.

Kaynakça

- Dong, C., Loy, C. C., He, K. ve Tang, X.(2016). Image super-resolution using deep convolutional networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 38, 295-307, doi: 10.1109/TPAMI.2015.2439281.
- Dong W., Fu F., Shi G., Cao X., Wu J., Li G. ve Li X.(2016). Hyperspectral image super-resolution via non-negative structured sparse representation. IEEE Transactions on Image Processing, 25 (5), 2337-2352.
- Glasner D., Bagon S. ve Irani M.(2009). Super-resolution from a single image. In Computer Vision, IEEE 12th International Conference on , 349-356.
- Gu, Y. vd.(2020). MedSRGAN: medical images super-resolution using generative adversarial networks. Multimed Tools App.l
- Guei, A. ve Akhlooufi, M.(2018). Deep learning enhancement of infrared face images using generative adversarial networks. Applied Optics, 57 (18), 98.
- Ioffe, S. ve Szegedy, C.(2015). Batch normalization: accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. Proceedings of The 32nd International Conference on Machine Learning (ICML),448–456.
- Javaid, H., Babar, T.K., Rasool, A. ve Saghir, R.U.(2013). Video colour variation detection and motion magnification to observe subtle changes, M.Sc.Thesis, Blekinge Institute of Technology, Faisalabad, Pakistan, 57.
- Johnson, J., Alahi, A. ve Li, F.(2016). Perceptual losses for real-time style transfer and super resolution. In European Conference on Computer Vision (ECCV), 694–711. Springer.
- Ledig, C. vd.(2017). Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, 105-114, doi: 10.1109/CVPR.2017.19.
- Nguyen K., Fookes C., Sridharan S. ve Denman S.(2013). Feature-domain super-resolution for iris recognition, Computer Vision and Image Understanding, 117 (10), 1526-1535.
- Singh K., Gupta A. ve Kapoor R.(2015). Fingerprint image super-resolution via ridge orientation-based clustered coupled sparse dictionaries. Journal of Electronic Imaging, 24 (4), 043015.
- Toyran, M.(2008). Düşük çözünürlüklü görüntülerden süper çözünürlüklü görüntü oluşturma. (Yüksek lisans tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yue, L., Shen, H., Li, J., Yuan, Q., Zhang, H. ve Zhang, L.(2018), Image super-resolution:the techniques, applications, and future. *Signal Processing*, 128,389-408.
- Zhang, X., Li, C., Meng, Q., Liu,S., Zhang, Y. ve Wang, J.(2018). Infrared image super resolution by combining compressive sensing and deep learning. *Sensors (Basel)*, 18 (8), 2587.



Hava Kompresörü Verimliliğine Basınç Yükseltici Kullanımının Etkisinin İncelenmesi

Duran Arif Göçer^{1*}, Ömer Yiğit¹, Mete Kalyoncu²

^{1*} Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanay A.Ş. , Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2215-1542)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2214-7631)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.801905)

ATIF/REFERENCE: Göçer, D.A. Yiğit, Ö. & Kalyoncu, M. (2020). Hava Kompresörü Verimliliğine Basınç Yükseltici Kullanımının Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 136-141.

Öz

Günümüzde hızla gelişim gösteren ekonomi, rekabetin de artmasını beraberinde getirmektedir. İşletmelerin daha verimli sonuçlar alması için enerji verimliliğinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Enerji verimliliği işletmelerde ürün başına düşen gereğinden fazla enerji sarfiyatının minimuma indirilmesi olarak tanımlanabilir. Birçok işletmenin basınçlı hava ihtiyacı, sistemlerin çalışması için mecburi zorunluluktur. Bu sebeple basınçlı havanın verimli kullanılması oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, bir otomotiv fabrikasındaki basınçlı hava sisteminin verimliliği konusunda ölçümler sonucu yüksek basınç gerektiren ürün testleri için havanın hangi yollar ile daha verimli kullanılacağı üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Hava yükseltici kullanımının hava kompresörü verimliliğini nasıl etkilediği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınçlı Hava Kompresörleri, Basınç Yükseltici, Enerji Verimliliği, Verimlilik analizi

Investigation of the Effect of Using Pressure Booster on Air Compressor Efficiency

Abstract

The rapidly developing economy in today's age brings along an increase in competition. Energy efficiency needs to be reviewed in order for businesses to get more efficient results. Energy efficiency can be defined as minimizing the excessive energy consumption per product in enterprises. For many businesses, it is a mandatory requirement for the operation of compressed air systems, so efficient use of compressed air is very important.

In this article, as a result of measurements about the efficiency of the compressed air system in an automotive factory, it has been studied how to use air more efficiently for product tests that require high pressure. How air booster use affects air compressor efficiency has been investigated.

Keywords: Compressed Air Compressors, Pressure Booster, Energy Efficiency, Efficiency analysis

1. Giriş

Basınçlı hava üretimi, atmosferde bulunan havanın bir kompresör mekanizması ile sıkıştırılması ve depolanması işlemidir. Basınçlı hava, makine, ekipman ve işlemleri çalıştırmak için kullanılan saklanmış bir enerji türüdür [1]. Fabrikalarda şebeke basıncının sürekliliği için kompresör sisteminin set değer aralıklarında aktif olması istenir. Basınçlı havanın hammaddesi atmosferde bulunan havadır. Basınçlı havanın ilk yatırım maliyeti yüksektir. Bunun yanında çalıştırma maliyeti de, elektrikli aletlere göre daha fazladır. Ancak

* Duran Arif Göçer: Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanay A.Ş. , Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2215-1542), duranarifgocer@yildizpul.com.tr

çalıştırdığı aletler doğru koşulda çalıştırılır ise bu fark ortadan kaldırılır [1]. Bazı önlemlerin alınması ile çalıştırma maliyeti azaltılır ve hava kullanımı daha verimli hale gelir.

Bu çalışmada, bir otomotiv sanayisinde hava verimliliği üzerinde deneysel çalışma yapılmıştır. Fabrikada bulunan ekipmanlar 6 bar şebeke basıncı ile beslenmekte olup sistemler aktif edilmektedir. Şebeke basıncının yetersiz kaldığı test üniteleri ise ek bir elektrik kompresörü ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. İkinci bir kompresör kullanılması durumunda ek bir maliyet ortaya çıkmakta olup enerji kullanımında bu ölçüde artış göstermektedir. Bu durumun önüne geçmek için ek bir kompresör kullanılmadan bir basınç yükseltici ile sistemin daha verimli çalışacağı üzerinde testler yapılmıştır. Sistemde var olan şebeke basıncı kullanılarak basınç yükselticinin giriş portu beslenmiştir. Basınç yükselticinin çıkış portu ise test edilecek ürünün çalışma basıncına göre ayarlanmıştır (12 bar). Yapılan testler basınç yükseltici ile kompresörün bir bir ürün testi sırasında kullandıkları hava miktarına göre yapılmış olup kompresörün kullandığı enerji hesaplanmıştır.

M.Altug KARATAŞ ve ekibi bir çelik fabrikasında basınçlı hava sisteminin verimliliği konusunda ölçümler yapmıştır. Fabrikada 3 adet kompresör dairesi bulunmakta olup bununla birlikte hava depoları ve bağlantı yolları bulunmaktadır. Ölçümler sonucunda havanın hangi noktalarda, ne miktarda ve nasıl tüketildiği incelenmiş, yapılabilecek iyileştirmeler ve enerji tasarruf olanakları belirlenmiştir [2]. Süleyman SAPMAZ ve ekibi, 3 farklı sanayi tesisinin basınçlı hava sistemleri enerji verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Çalışma ile enerji tasarrufu ve emisyon azaltımı sağlanan başlıca uygulamalar tespit edilmiştir. Bunlar ise kompresörün atık ısısından faydalanılması, basınçlı hava hatlarındaki kaçakların önlenmesi, kompresör emiş havasının daha serin olması (sıcaklık debi akışını ters orantıda etkiler), kompresör motorunun daha verimli bir motor ile değiştirilmesidir [3]. Yang ve ekibi, kompresör sisteminde yapılan bir enerji sınıfı ile Vietnam’da bulunan bir tesis için elde edilecek kazançları hesaplamıştır. Uzun vadeli enerji politikasına uyum sağlamak için çalışma yapılmıştır. Tesisin enerji kayıplarının kompresör sisteminin optimize edilmemiş olmasından ve kaçaklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir [4]. Kaya ve arkadaşları, basınçlı hava sisteminde bazı potansiyel tasarruf kalemlerine ait hesap yöntemlerini vermiş ve bir sanayi kuruluşunda elde edilebilecek kazanım miktarlarını hesaplamışlardır. Bu çalışmada, mevcut basınçlı hava sistemlerinde bazı modifikasyonlarla enerji maliyetinin nasıl azaltılacağı da ortaya konulmuştur [5].

Yapılan literatür taramasında ulaşılan çalışmalar genellikle kompresör tasarımına ait geliştirmeleri ve kompresörlerde yapılabilecek enerji kazanımlarına ilişkin hesap yöntemleri açıklanmaktadır. Aslında hedef minimum kapasite ve enerji kullanımı ile maksimum iş yapılmasının önemidir [6]. Aşağıdaki çalışmada ise farklı olarak sistemde basınç yükseltici kullanılarak verimlilik hesabı yapılmıştır. Kompresörden üretilen hava ile basınç yükselticiden karşılanan hava debileri karşılaştırılıp sonuçlar grafikselleştirilmiştir

2. Materyal ve Metot

Testler firmada kullanılan DEWESOFT’a ait DEWE 43 veri toplama modülü ile yapılmıştır. Havanın debi ölçümü için ise SICK FTMg debiölçer kullanılmıştır. Sensör doğrulaması için firma bünyesinde üretilen kompresör test cihazında bulunan ABB FMT430 debimetre ile değerler karşılaştırılmış olup verilerde sapma gözlemlenmemiştir. DEWESOFT ortamında veriler incelenip grafiksel olarak analiz yapılmıştır.

2.1. DEWE-43 Veri Toplama Modülü

Cihaz voltaj ve tam köprü sinyallerinin dışında DSI adaptörlerinin kullanımı ile birlikte, IEPE, şarj, termokupllar, yarım köprü, çeyrek köprü, RTD, akım, direnç ve LVDT sinyallerini de kayıt edebilir. Örneklem oranı, kanal başına saniyede 200kHz’dir. Yüksek hız CAN bağlantısı mevcuttur [7].



Şekil 2.1. DEWE-43 Veri Toplama Modülü [8]

2.2.SICK FTMg Akış Sensörü

SICK FTMg debimetreye ait teknik veriler Tablo 1.’de verilmiştir.

Tablo 1. SICK FTMg Teknik Veriler [9]

Ölçüm Prensipleri	Kalorimetrik(akış,sıcaklık),piezorezitif(basınç)
Ortam	Basıncılı hava,Helyum,Argon,Azot,Karbondioksit
Bağlantı Ölçüsü	DN 25
Ölçüm Aralığı	14,7 l/min-2.945,2 l/min(standart ölçüm) 2.945,2 l/min-4.417,9 l/min(gelişmiş ölçüm)
Sıcaklık Aralığı	(-20°C) - (+60°C)
Basınç Aralığı	0-16 bar
Haberleşme	Ethernet TCP/IP
Sıcaklık Ölçümü	✓
Basınç Ölçümü	✓

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

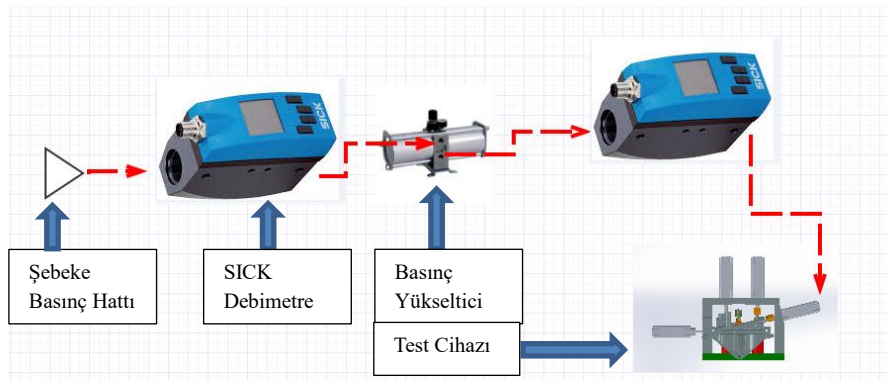
3.1. Basınç Yükseltici(booster) Set Basıncı

Çalışmada ek bir kompresör yerine şebekede var olan düşük basıncı daha az enerji kullanarak yükseltmek olduğu için testler iki adımda yapılmıştır. Test sırasında kullanılan bağlantı elemanları aynı ölçüde olup testler yapılırken farklı boyutta bağlantı elemanı kullanılmamıştır. Testin ilk adımında sistemde bulunan ve test cihazına giden şebeke hattına (6 bar) bir debimetre bağlantısı yapılmıştır. Debimetreden hemen sonra ise basınç yükseltici (booster) kullanılıp çıkış basıncı 12 bara setlenmiştir. Basınç yükseltici set değeri kontrol edildikten sonra basınç yükseltici çıkış portuna bir debimetre daha eklenmiştir. Bu şekilde basınç yükseltici giriş ve çıkışındaki debi akış farkı gözlemlenmiş olup basınç yükselticinin verimliliği hesaplanmıştır. 10 saniyelik test boyunca 6 bar hava 12 bar basınca yükseltilmiş olup 12 bara yükseltmek için kullanılan hava miktarı bulunmuştur. Şekil 3.1. 'de basınç yükselticinin giriş ve çıkış portundaki basınç değerleri aşağıdaki gibidir.



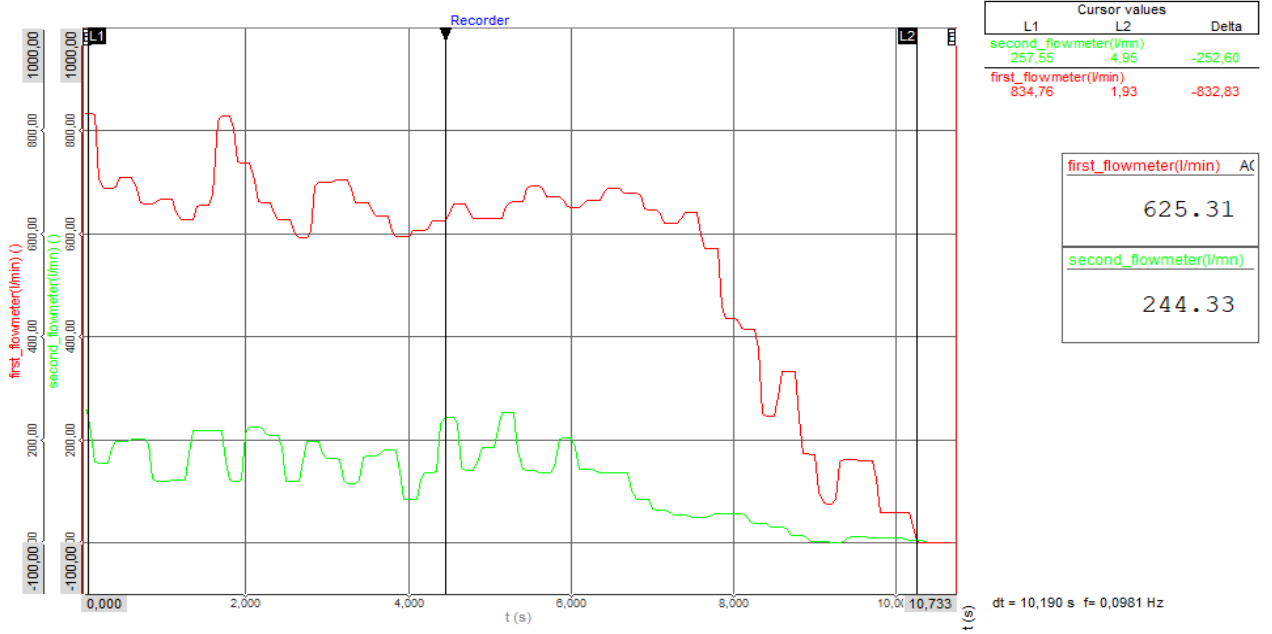
Şekil 3.1. Basınç Yükseltici Giriş-Çıkış Basınç Değerleri

3.2. Basınç Yükseltici-Test Cihazı Deney Düzenegi



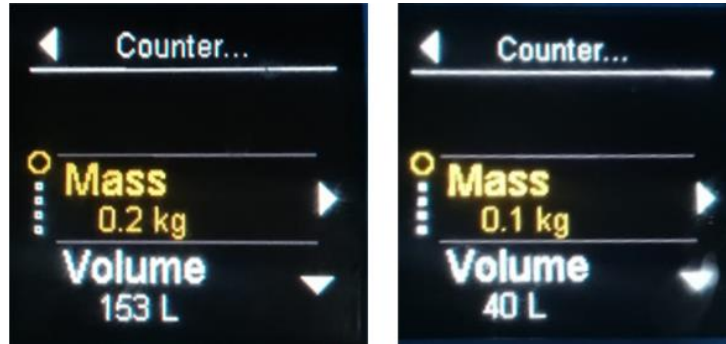
Şekil 3.2. Bağlantı Şeması

Testin ilk adımı için yapılan mekanik bağlantı Şekil 3.2.'de verilmiştir. Testin ilk adımında anlatıldığı şekilde test cihazı üzerinde 10 saniye boyunca ürün için test yapılmış olup veriler aşağıdaki gibidir;



Şekil 3.3. Basınç yükseltici Giriş-Çıkış Hava Debi

Yukarıda verilen Şekil 3.3.'deki grafikte first_flowmeter basınç yükseltici ile şebeke arasındaki debimetreyi temsil etmektedir. Second_flowmeter ise basınç yükselticinin çıkışı ile test cihazı arasındaki debimetreyi temsil etmektedir. 10 saniyelik test boyunca 20 kHz de veri alınmış olup test anındaki anlık debi değişimleri gözlemlenmiştir. Kümülatif harcanan-kullanılan hava miktarları ise aşağıdaki gibidir;

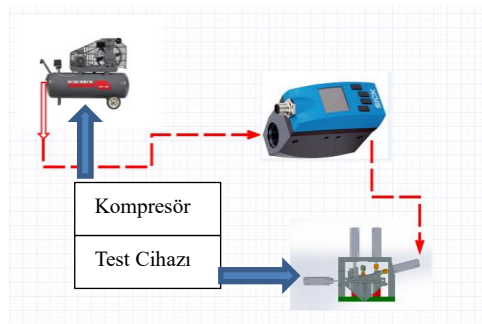


Şekil 3.4. First_Flowmeter ve Second_Flowmeter

Bir ürünün 10 saniyelik testi için basınç yükseltici 40 litrelik hava kullanımı için 153 litre hava harcamıştır. Basınç yükseltici verimliliği= $(40/153)*100=26\%$

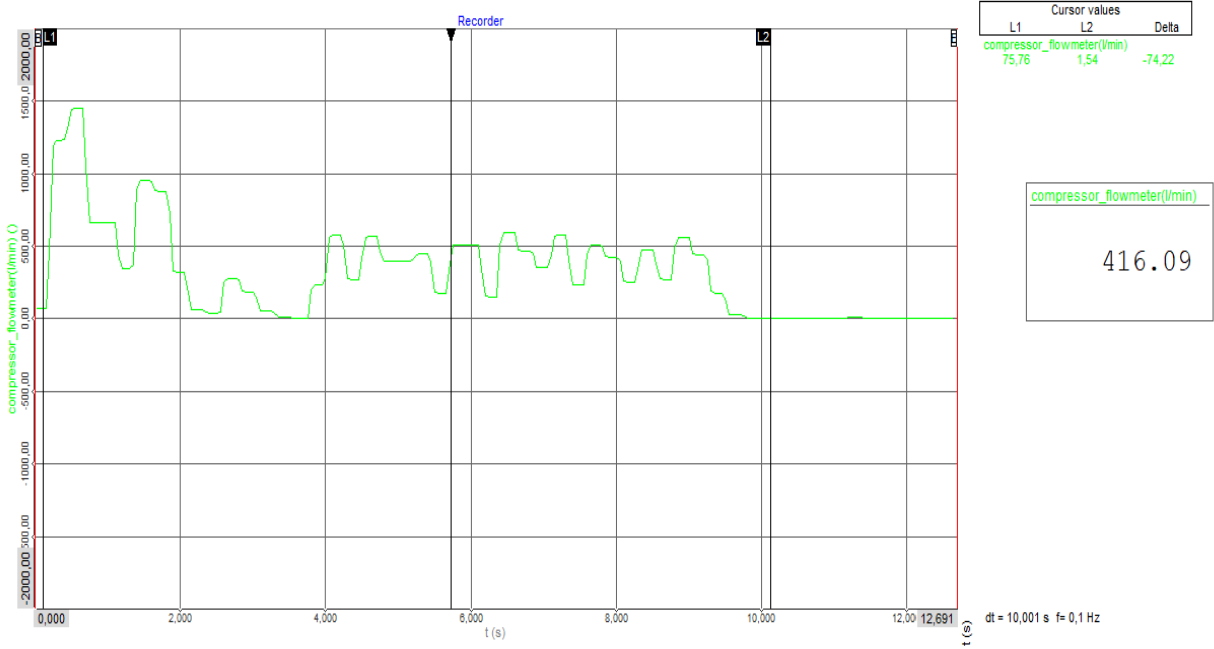
3.2. Elektrik Kompresörü-Test Cihazı Deney Düzenegi

İkinci adımda ise firmada bulunan elektrik kompresörü üzerinden bağlantı yapılarak kompresörün 6 bardan 12 bara yükselmesi sırasındaki güç hesabı yapılmış ve doldurma süresi ölçülmüştür. Tespit edilen veriler ile enerji hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.5. Bağlantı Şeması

Şekil 3.5. 'de verilen şemada elektrik kompresörü-test cihazı arası bağlantı yapılmış olup test için gerekli 12 bar hava ihtiyacı elektrik kompresörüne ait tanktan karşılanmıştır. Öncelikle elektrik kompresörü çalıştırılarak tankın 6 bardan 12 bara istenilen test basıncına gelmesi beklenmiş daha sonra ise 10 saniyelik ürün testi gerçekleştirilmiştir. Kompresör tanka hava sıkıştırma esnasında toplamda 8 dakika yükte çalışarak anlık 2,5 kW (Şekil 3.8.) güç tüketmiştir. Tankın hacmi ise 250 L' dir. Ürün testine ait grafik aşağıdaki gibidir;



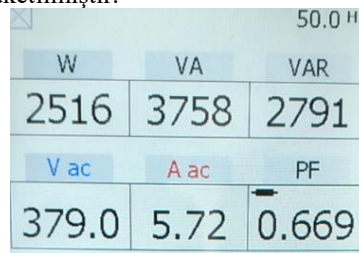
Şekil 3.6. Elektrikli Kompresör Çıkış Debi

İkinci test düzeneğinde hava akışı tanktan sağlandığı için bir adet debimetre kullanılmıştır. Bağlantı şeması Şekil 3.5.'de verilmiştir. Veri alma hızı testin ilk adımında olduğu gibi 20 kHz'dir. Test anında toplamda kullanılan hava miktarı aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.7. Compressor_flowmeter

10 saniyelik test boyunca kümülatif 69 L hava tüketilmiştir.



Şekil 3.8. Kompresör Güç Tüketimi

Elektriksel Enerji(kJ)=kWxt(sn)

$$=(2,516*480)=1207 \text{ kJ}$$

Kompresörün 6 bardan 12 bara kadar yükseltilmesi için 1207 kJ enerji gerekmektedir. Teorik doğrulama güç hesabı için aşağıdaki gibidir:

$$P.V=m.R.T$$

$$T=273+30=303 \text{ K}$$

$$P_1=6 \text{ bar}=600 \text{ kPa} \quad P_2=1200 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{atm}}=100 \text{ kPa}$$

$$6 \text{ bar için } m_1=2,01 \text{ kg}$$

$$12 \text{ bar için } m_2=3,73 \text{ kg}$$

$$6 \text{ barlık diferansiyelde kütle miktarı}=1,72 \text{ kg}$$

8 dakikalık kompresörün çalışması sonucu tanka 1600 litre hava depolanmıştır. Test anında ise tanktan 69 litre hava kullanılmıştır. Sistem verimliliği $(69/2000)*100=\%3$

Kompresörün 11 bardan 12 bara 1 bar seviyesinde yükseldiğini hesap edersek toplamda 1 bar diferansiyelde 325 L hava depolar. 1 bar diferansiyelde verimlilik aşağıdaki gibidir;

$$(69/325)*100=\%21$$

Sonuçlar göz önüne alınıp değerlendirildiği zaman ise basınç yükseltici kullanılarak elektrik enerjisinden tasarruf edildiği net olarak görülmektedir.

Yapılan literatür taramasında çalışmalar genellik ile sistemlerde bulunan kaçaklara yönelik olup kompresörün nasıl daha verimli çalışacağı üzerinedir. Bu çalışmada ise şebekeyi besleyen kompresör haricinde ek kompresör kullanımını engelleyip yüksek basınç gerektiren test ünitelerini basınç yükseltici ile beslemek amaçlanmıştır. Ek kompresörün verimliliği ile basınç yükseltici verimliliği hesap edilip sonuçlar yorumlanmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada şebeke hava hattı bulunan fabrikalar için şebeke basıncından yüksek basınç gerektiren test cihazları vb. uygulamalarda ek kompresör kullanımı veya basınç yükseltici kullanımı sonucunda verimlilik üzerine çalışma yapılmış olup veriler incelenmiştir. İncelenen verilere göre yüksek basınç (12 bar) gereken kısımlarda ek kompresör kullanmak yerine basınç yükseltici kullanılmasının elektrik enerjisinden %100 kazanç sağladığı tespit edilmiştir. Basınç yükseltici 6 bardan 12 bar basıncı kontrol ederken bu işlemi mekanik olarak gerçekleştirmektedir. Kompresör ise motordan aldığı güç sayesinde basıncı artırmaktadır. Bunun içinde elektrik enerjisinden faydalanır. Çalışma sonucunda kompresörün 6 bar basınçtan 12 bar basınca yükselmesi sırasında harcanan enerji 1207 kJ olarak hesaplanmıştır. Basınç yükseltici ise bu enerji harcamasını tamamen ortadan kaldırmaktadır. Bu sebeple bir kompresör yerine basınç yükselticinin sistemde daha verimli olduğu testler sonucu tespit edilmiştir.

Kaynakça

- [1] <<https://docplayer.biz.tr/14243358-Basincli-hava-sistemleri.html>>, erişim tarihi 06.09.2020.
- [2] M.Altuğ KARATAŞ.2012 “Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği: Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması,” , Tesisat Mühendisliği - Sayı 132 - Kasım/Aralık
- [3] Süleyman Sapmaz.2017 “Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği ve Emisyon Azaltım Fırsatlarının İncelenmesi,” , Engineer and Machinery vol 58, no 689, p. 23-36
- [4] Yang, M. 2009. “Air Compressor Efficiency in a Vietnamese Enterprise,” Energy Policy, vol. 37 (6), p. 2327-2337.
- [5] Kaya, D., Phelan, P., Chau, D., Sarac, H. I. 2002 “Energy Conservation in Compressed-Air Systems,” International Journal of Energy Research, vol. 26, p. 837–849.
- [6] Güleç, M. 1999. “Pnömatik Sistemlerde Tasarruf Önlemleri ve Yöntemleri,” MMO I. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, 3-5 Aralık 1999, İzmir-Türkiye.
- [7] <<https://rmc.com.tr/dewe-43/>>, erişim tarihi 9.09.2020.
- [8] <<https://dewesoft.com/products/daq-systems/dewe-43/>>, erişim tarihi 9.09.2020.
- [9] <<https://www.sick.com/tr/en/fluid-sensors/flow-sensors/ftmg/c/g505155/>>, erişim tarihi 9.09.2020.



Microstrip Patch Antenna Design for Military Satellite Communication

Mustafa Koçer^{1*}, Mustafa Emre Aydemir²

¹ Istanbul Esenyurt University, Engineering and Architecture Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-4551-4788)

² Istanbul Esenyurt University, Engineering and Architecture Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-3634-1782)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802959)

ATIF/REFERENCE: Koçer, M. & Aydemir, M. E. (2020). Microstrip Patch Antenna Design for Military Satellite Communication. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 142-147.

Abstract

In this paper, a broadband and high gain microstrip patch antenna was designed with a microstrip feeding technique to operate in the electromagnetic spectrum in the X-band in the frequency range of 7.2 - 8.4 GHz, which is allocated for use in military satellite communication. In this design, Rogers RT / duroid 5880 material with a thickness of 3.175mm, dielectric coefficient of 2.2 and tangent loss ($\tan \delta$) of 0.0009 was selected and simulated on the HFSS program. Since the antenna sizes calculated by numerical methods are difficult to adjust to operate in appropriate frequency ranges, the dimensions of the antenna designed using the genetic algorithm, which is a part of artificial intelligence optimization algorithms, have been optimized to work in the desired frequency ranges. According to the designed antenna simulation results, it operates in the frequency ranges of 7.06 - 8.41 GHz and the designed antenna has a bandwidth of approximately 1.35 GHz = 17.25%. At 7.825 GHz center frequency, the antenna's gain is approximately 7.2 dB. In order to increase the bandwidth of the designed antenna, a second antenna design was realized by optimizing the dimensions of the antenna covered with copper and microstrip feeding. The second antenna designed as a result of the changes made on the antenna operates in the frequency ranges of 6.74 - 9.69 GHz and the designed antenna has a bandwidth of approximately 2.95 GHz = 37.7%. At the central frequency of 7.825 GHz, the antenna's gain is approximately 6.63 dB.

Keywords: Microstrip Patch Antenna, Genetic Algorithm, HFSS, Military Satellite Communication, Antenna Design, X-Band, Broadband

Askeri Uydu Haberleşmesi için Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Öz

Bu bildiriye, elektromanyetik spektrumunda X bandında askeri uydu haberleşmesinde kullanılmak üzere tahsis edilmiş olan 7.2 – 8.4 GHz frekans aralıklarında çalışması için geniş bantlı ve yüksek kazançta sahip bir mikroşerit yama anten mikroşerit besleme tekniği ile tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda alüminyum olarak kalınlığı 3.175mm, dielektrik katsayısı 2.2 ve tanjant kaybı ($\tan \delta$) 0.0009 olan Rogers RT/duroid 5880 malzemesi seçilmiş olup HFSS program üzerinde simülasyonu yapılmıştır. Nümerik yöntemler ile hesaplanan anten boyutları uygun frekans aralıklarında çalışması için ayarlanmasının zor olması nedeniyle yapay zeka optimizasyon algoritmalarının bir parçası olan genetik algoritma kullanılarak tasarlanmış antenin boyutlarının optimizasyonu yapılarak istenilen frekans aralıklarında çalışması sağlanmıştır. Tasarlanan anten simülasyon sonuçlarına göre 7.06 – 8.41 GHz frekans aralıklarında çalışmaktadır ve tasarlanan anten yaklaşık olarak 1.35 GHz = %17.25 bant genişliğine sahiptir. 7.825 GHz merkez frekansında antenin kazancı yaklaşık olarak 7.2 dB' dir. Tasarlanan antenin bant genişliğini artırmak amacı ile antenin bakır ile kaplı yama ve mikroşerit beslemenin boyutları optimize edilerek ikinci bir anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Anten üzerinde yapılan değişiklikler sonucunda tasarlanan ikinci anten 6.74 – 9.69 GHz frekans aralıklarında çalışmaktadır ve tasarlanan anten yaklaşık olarak 2.95 GHz = % 37.7 bant genişliğine sahiptir. 7.825 GHz merkez frekansında antenin kazancı yaklaşık olarak 6.63 dB' dir.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit Yama Anten, Genetik Algoritma, HFSS, Askeri Uydu Haberleşmesi, Anten Tasarımı, X-Bant, Geniş Bant

* Corresponding Author: Istanbul Esenyurt University, Engineering and Architecture Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0003-4551-4788, mustafa.kocer3442@gmail.com

1. Introduction

Microstrip antennas are compatible with MMIC designs with easy production and low cost using modern printing technology. Due to the need for low profile antennas in application areas such as satellites, aircraft, missiles, microstrip antennas with small dimensions are actively used in these areas (Poza, 1992). However, microstrip antennas have narrow bandwidth and low gain compared to other antennas. In this study, it is aimed to design a broadband and high gain antenna that covers the entire downlink frequency 7.25-7.75 GHz and uplink frequency 7.9-8.4 GHz allocation for use in military satellite communication using optimization techniques. The designed antennas were optimized with genetic algorithm and simulated on the HFSS program.

2. Material and Method

2.1. Microstrip Patch Antenna

Microstrip antennas were first put forward by G. A. Deschamps in 1953 but patented by Gutton and Baissinot in 1955 (Deschamps, 1953; Warren & Gary, 1998). Nevertheless, the microstrip antennas, patented until the 1970s, were not taken seriously. The first microstrip antenna was demonstrated by the work done by Howell in 1972 and by Musson in 1974 (Munson).

There are substrate materials whose dielectric constants are generally in the range of $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ for use in microstrip antenna design. A substrate with high thickness and low dielectric constants is often used to achieve good design performance. Thus, high bandwidth and good efficiency are achieved.

Microstrip Antennas are formed with substrate, patch, ground and radiation plane as seen in Figure 1.

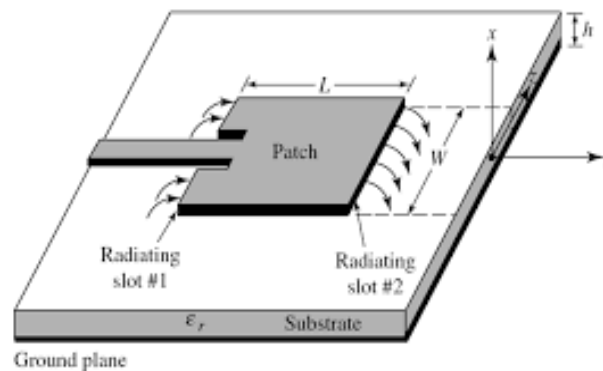


Figure 1. Microstrip Patch Antenna

2.2. Microstrip Patch Types

Microstrip antennas are named according to the patch shapes used at the top of the dielectric material during the design phase. The patches used in microstrip antennas are shown in Figure 2. Among these, the most common square and rectangular patch is used. In this project, a rectangular patch was chosen as the patch shape.

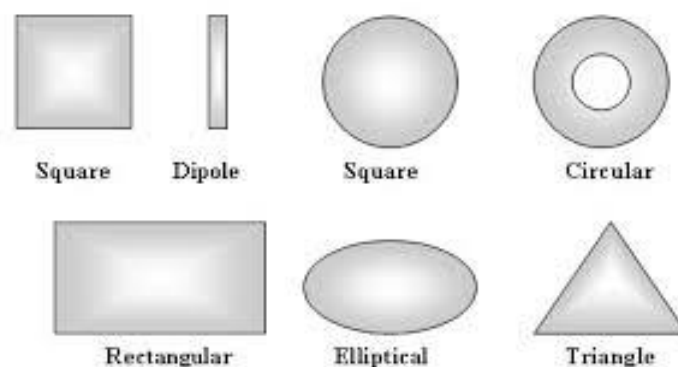


Figure 2. Patch Types for Microstrip Antenna

2.3. Microstrip Feed Types

There are many techniques used to feed microstrip antennas (Poza, 1992). The most common of these are microstrip line, coaxial probe, aperture coupling and proximity coupling (Bahl & Bhartia, 1980; Carver & Mink, 1981; Katehi & Alexopoulos, 1984). In this design, a microstrip feed is preferred, which provides slightly more bandwidth and does not disrupt the planarity of the antenna. The antenna given in Figure 1 was made with the microstrip feeding technique.

2.4. Genetic Algorithm

The optimization algorithm used is a genetic algorithm based on the survival of individuals with high suitability value by transforming an evolutionary process into a computer environment. The idea of a genetic algorithm was introduced in 1975 by J. Holland. As a result, he developed this algorithm with his friends and published the book "Adaptation in Natural and Artificial Systems" (HOLLAND, 1975). There are individuals who represent the solution of the problem in genetic algorithms and there is a fitness function that controls whether these individuals are suitable for the solution of the problems. As a result of the fitness function, individuals with high values are introduced to the cross operator and produce new individuals called children. Individuals with low suitability value in a new population to be created as a result of this process are removed from the population. Flow chart of genetic algorithm is shown in Figure 3.

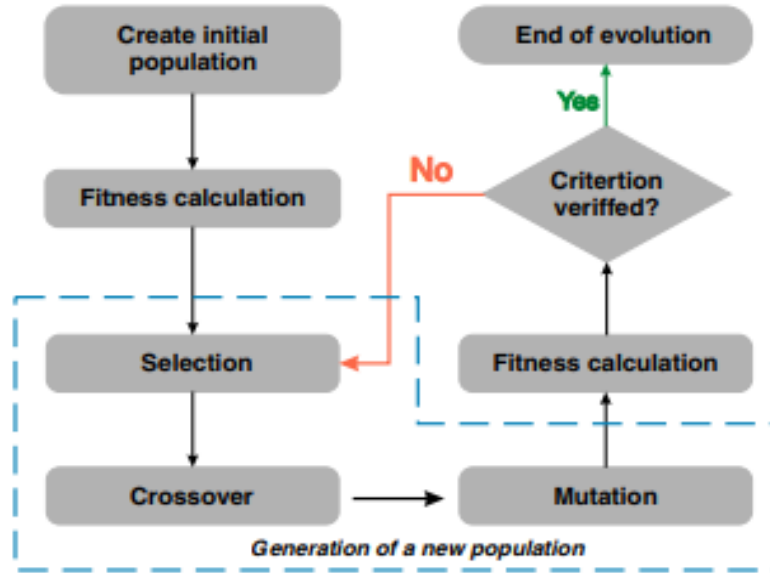


Figure 3. Genetic Algorithm Flow Chart

2.5. Antenna Design

In this design, the antenna's bandwidth is required to be at least 1.2 GHz for military satellite communication. In order to obtain high bandwidth, the materials used in the antenna design were examined, and as a result, Rogers RT / duroid 5880 material with dielectric constant 2.2 and 3.175mm height was selected. For the antenna whose resonance frequency is determined as 7.825 GHz, the dimensions of an ideal antenna were found with the formulas used in the microstrip antenna design.

Formulas Used in Antenna Design:

$$\text{Speed of Light } C = 3 * 10^8$$

$$\text{Patch Width } (W) = \frac{c}{2xf_r} x \left(\frac{\epsilon_r+1}{2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\text{Effective Dielectric Constant } (\epsilon_e) = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} x \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

Extension Length

$$(\nabla l) = 0.412 x \left(\frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \right)$$

$$\text{Effective Length } (L_{eff}) = \frac{c}{2xf_r x \sqrt{\epsilon_e}}$$

$$\text{Length } (L) = L_{eff} - (2 x \nabla l)$$

$$\text{Substrate Length } (L_g) = 6h + L$$

$$\text{Substrate Width } (W_g) = 6h + W$$

2.5.1. First Antenna

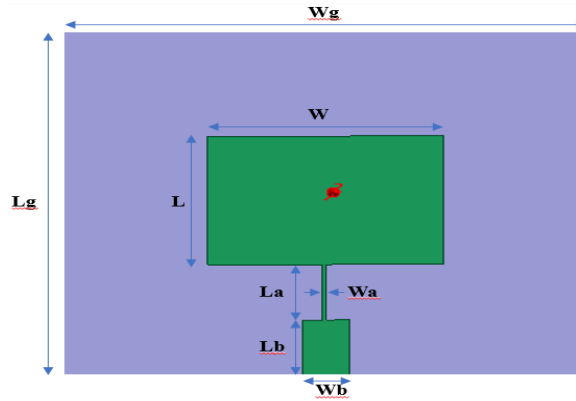


Figure 4. Dimensions of the First Antenna Designed

Designed with 50 ohms input impedance using the above formulas, the 1st antenna is optimized with genetic algorithm, then $W_g = 34.19\text{mm}$, $L_g = 29.72\text{mm}$, $W = 15.14\text{mm}$, $L = 10.87799615\text{mm}$, $W_a = 0.125\text{mm}$, $L_a = 4.7925\text{mm}$, $W_b = 3\text{mm}$, $L_b = 4.7325\text{mm}$ results were found.

2.5.2. Second Antenna

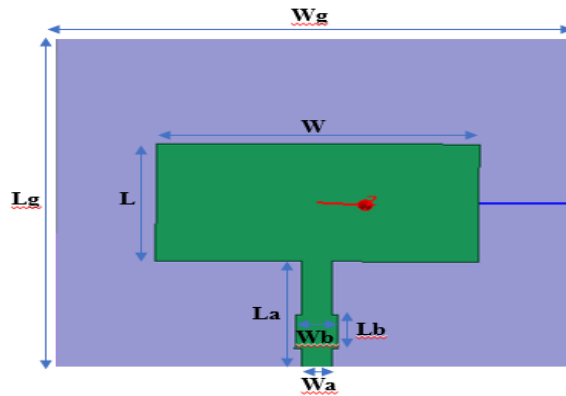


Figure 5. Dimensions of the Designed 2nd Antenna

In order to increase the bandwidth of the 1st Antenna designed, the patch dimensions of the 1st Antenna were optimized by keeping the search space wide and as a result $W_g = 34.19\text{mm}$, $L_g = 29.72\text{mm}$, $W = 21\text{mm}$, $L = 10.45\text{mm}$, $W_a = 1.946\text{mm}$, $L_a = 9.635\text{mm}$, $W_b = 2.8\text{mm}$, $L_b = 3\text{mm}$ results were found.

3. Results and Discussion

3.1. First Antenna

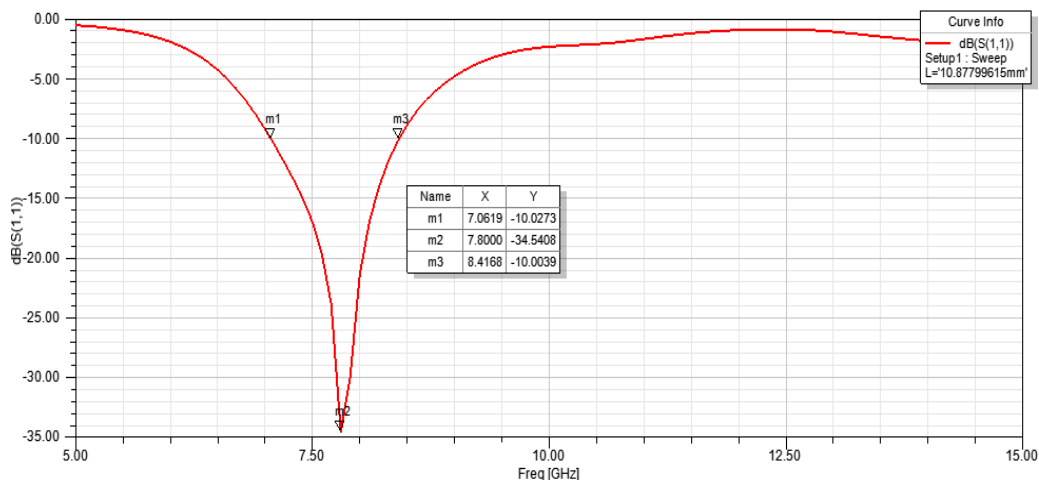


Figure 6. S11 Graph of the 1st Antenna

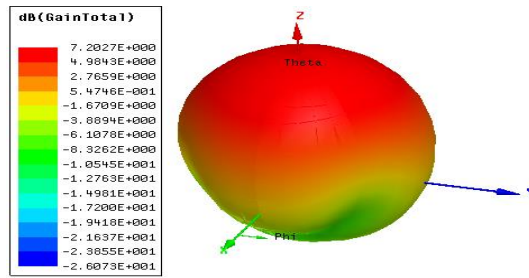


Figure 7. 1st Antenna Gain Graph

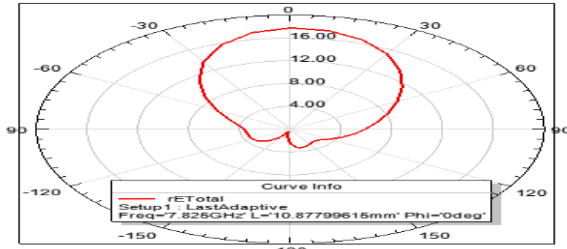


Figure 8. Radiation Pattern of the 1st Antenna

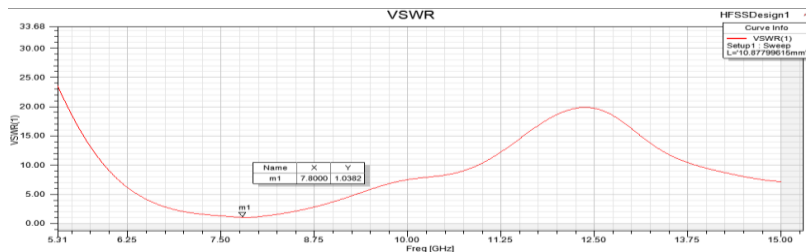


Figure 9. 1st Antenna VSWR Value

The 1st Antenna designed according to this design operates in the frequency ranges of 7.06 - 8.41 GHz. The 7.8 GHz center frequency has -34.5 dB return loss, 7.20 dB gain and 1.03 standing wave ratio

3.2. Second Antenna

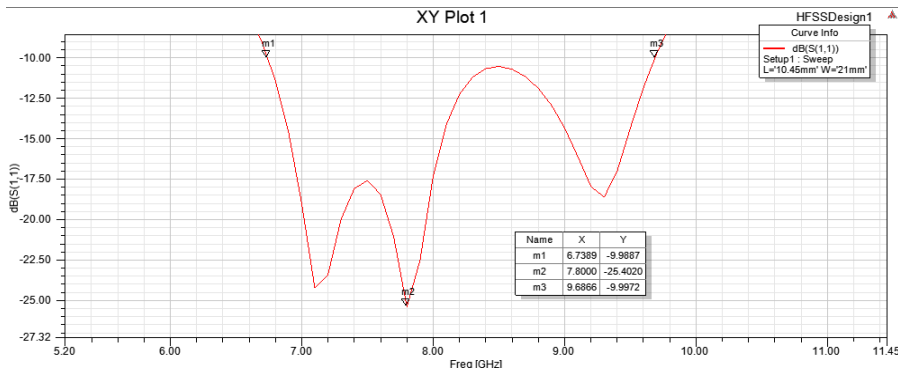


Figure 10. S11 Graph of 2nd Antenna

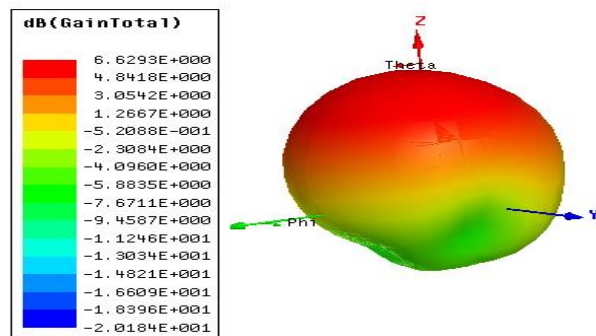


Figure 11. 2nd Antenna Gain Graph

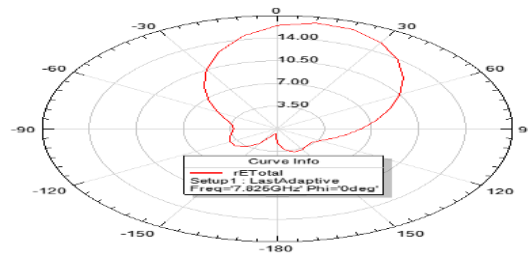


Figure 12. Radiation Pattern of 2nd Antenna

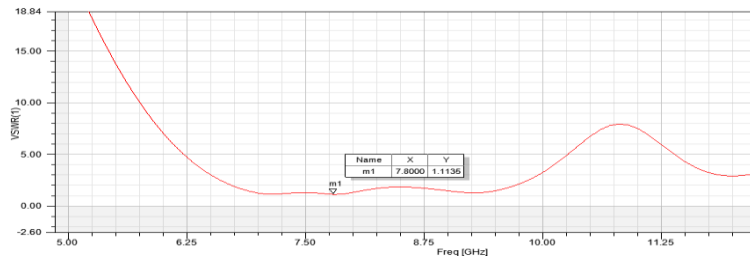


Figure 13. VSWR Value of the 2nd Antenna

As a result of the changes made on the designed antenna, the 2nd Antenna operates in the frequency ranges of 6.73 - 9.69 GHz. The 7.8 center frequency has -25.4 dB return loss, 6.63 dB gain and 1.11 standing wave ratio.

The 1st Antenna designed as a result of the studies, covers all the up and down frequency ranges allocated for military satellite communication and has a bandwidth of 1.35 GHz = 17.25%. The 2nd Antenna, designed as a result of the changes made on the 1st Antenna, operates in the frequency ranges of 6.74 - 9.69 and has a bandwidth of 1.6 GHz more than the 1st Antenna.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, it is aimed to design a microstrip patch antenna operating in the range of downlink frequency 7.25-7.75 GHz and uplink frequency 7.9-8.4 GHz allocated for military satellite communication.

Antenna dimensions have been optimized by using a genetic algorithm for the designed antenna to operate in suitable frequency ranges, and as a result, the antenna has been enabled to operate in the desired frequency ranges.

Antenna sizes were optimized to increase the bandwidth of the designed antenna, resulting in a bandwidth increase of 1.6 GHz compared to the first antenna. It is evaluated that the two antennas designed in this way can be used for military satellite communication.

5. Acknowledge

I would like to thank Assoc. Dr. Mustafa Emre Aydemir, who shared his valuable information with me and assisted me in the realization of this study.

References

- Bahl, I. J., & Bhartia, P. (1980). Microstrip Antennas.
- Carver, K. R., & Mink, J. W. (1981). Microstrip Antenna Technology. *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Ap-29(1), 2-24.
- Deschamps, G. A. (1953). Microstrip Microwave Antennas. *Presented at the Third USAF Antenna Symposium.*
- HOLLAND, J. H. (1975). Adaption in Natural and Artificial Systems.
- Katehi, P. B., & Alexopoulos, N. G. (1984). On the Modeling of Electromagnetically Coupled Microstrip Antennas-The Printed Strip Dipole. *AP-32(11)*, 1179-1186.
- Munson, R. (1974). Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 22, 74-78.
- Pozar, D. M. (1992). Microstrip Antennas. *IEEE*, 80(1), s. 79-81.
- Warren, L., & Gary, A. (1998). Antenna Theory and Design.



Kriminal İnceleme İçin Vücut Sıvılarının Zamana Bağlı Değişiminin Hiperspektral Görüntüleme İle Belirlenmesi

Rıdvan Safa Hatipoğlu^{1*}, Süleyman Canan², Murat Ceylan³

¹ Elfatek Elektronik Makina Ve Otom. San. Ve Tic. Ltd. Şti, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4357-1829)

² Elfatek Elektronik Makina Ve Otom. San. Ve Tic. Ltd. Şti, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5842-5683)

³ Konya Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6503-9668)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803377)

ATIF/REFERENCE: Hatipoğlu, R.S., Canan, S. & Ceylan, M. (2020). Kriminal İnceleme İçin Vücut Sıvılarının Zamana Bağlı Değişiminin Hiperspektral Görüntüleme İle Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 148-153.

Öz

Hiperspektral görüntüleme yöntemleri askeri uygulamalar, kimyasal analizler, tarım alanı analizleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Görüntünün kaydedilmesi esnasında her piksel değerine objeden yansıyan ışığın dalga boyları kaydedilerek oluşturulan matris verileri ile hiperspektral görüntü elde edilmektedir. Hiperspektral görüntüleme ile görünür dalga boyu (400-700nm) haricinde kızıl ötesi gibi diğer dalga boylarına ait veriler de elde edilmektedir. Bu veriler yardımı ile spektral imzalar elde edilmektedir. Hiperspektral görüntüleme uygulamaları çoğunlukla görünür ışıkta aynı renge sahip birbirine karışmış birçok bileşenin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada genel kullanım aksine, hiperspektral görüntüleme yöntemi nesnelerin spektral imzasının zamanla değişimini konu almaktadır.

Kriminal incelemelerde kullanılan görüntüleme yöntemi RGB kameralar ile sağlanmakta ve olay yerine ait incelemeler bu görüntüler üzerinden yapılmaktadır. Olay yerinden alınan görüntülerin laboratuvar ortamında incelenmektedir. Laboratuvar ortamında incelenmesi yerine taşınabilir bir sistemle olay yerinde inceleme ve sonuç elde etmeye yönelik yapılan bu çalışmada numunelerin zaman bilgileri tespit edilmesi hedeflenmiştir. Buradaki zaman bilgisi, olayın meydana geliş süresini analiz etmeyi içermektedir. Bu çalışmada ortam aydınlatması için halojen lamba, görüntü kaydı için 400-100 nm dalga boylarında görüntü kaydı yapan hiperspektral kamera kullanılmıştır. Hiperspektral kamera ile elde edilen olay yerindeki vücut kalıntılarının (kan, tükürük, idrar) spektral imzaları elde edilmiştir. İlgili alana ait temiz yüzeyden alınan spektral imza ile karşılaştırılarak elde edilen zamana bağlı değişim grafiklerindeki yoğunluk değerleri, vücut kalıntılarının olay yerinde ne kadar zamandır kaldığına dair bilgileri barındırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hiperspektral görüntüleme, Adli Tıp Görüntüleme, Kriminal Görüntüleme

Determination of Time-Dependent Changes of Body Fluids Using Hyperspectral Imaging for Criminal Examination

Abstract

Hyperspectral imaging methods are used in many fields such as military applications, chemical analysis, agricultural field analysis. While recording the image, wavelengths of light reflected from the object are recorded for each pixel value. Hyperspectral images are obtained with the matrix data created after recording. In addition to the visible wavelength (400-700nm), data of other wavelengths such as infrared are also obtained with hyperspectral imaging. Spectral signatures are obtained with the help of these data. Hyperspectral imaging applications are mostly used to distinguish many intermixed components with the same color in visible light.

* Sorumlu Yazar Elfatek Elektronik Makina Ve Otom. San. Ve Tic. Ltd. Şti, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4357-1829,

ridvan.hatipoglu@elfatek.com.tr

In this study, the hyperspectral imaging method, contrary to its general use, is about the change in the spectral signature of objects over time.

The imaging method used in criminal investigations is provided by RGB cameras and the investigations of the scene are made with these images. The images obtained from the crime scene are analyzed in the laboratory environment. It is aimed to determine the time information of the samples in this study, which was carried out to examine the scene and obtain results with a portable system instead of being examined in a laboratory environment. The time information here includes analyzing the occurrence time of the event. In this study, a halogen lamp was used for ambient lighting, and a hyperspectral camera recording images at 400-1000 nm wavelengths was used for image recording. Spectral imprints of body remains (blood, saliva, urine) at the scene obtained by the hyperspectral camera were obtained. The density values in the time-dependent graphs obtained by comparing with the spectral signature taken from the clean surface of the relevant area, the information about how long the body remains remained at the scene. It has been seen to host.

Keywords: Hyperspectral Imaging, Forensic Imaging, Criminal Imaging

1. Giriş

Hiperspektral (HS) görüntüleme; arkeoloji ve sanat eserlerini koruma (Fischer ve Ark., 2006; Liang ve Ark., 2012), yöntemleri bitki örtüsü ve su kaynakları sağlığı (Govender ve Ark., 2007; Adam ve Ark. 2010), gıda sağlığı ve kalitesi (Gowen ve Ark., 2007; Feng ve Ark., 2012), adli tıp (Edelman ve Ark., 2012; Edelman ve Ark., 2012; Malkoff ve Ark., 2000), olay yeri inceleme (Kuula ve Ark., 2012; Schuler ve Ark., 2012), biyomedikal (Carrasco ve Ark., 2003; Afromowitz ve Ark., 1988) gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Görüntünün kaydedilmesi esnasında her piksel değerine objeden yansıyan ışığın dalga boyları kaydedilerek oluşturulan matris verileri ile hiperspektral görüntü elde edilmektedir. Hiperspektral görüntüleme ile görünür dalga boyu (400-700nm) haricinde kızıl ötesi gibi diğer dalga boylarına ait veriler de elde edilmektedir. Buna bağlı olarak ilgili alana ait dalgaboyu yoğunluk grafikleri oluşturulmaktadır. Bu dalga boyu grafiklerine “spektral imza” ismi verilmektedir. Her objenin ilgili alanına ait spektral imzası farklılık göstermektedir. Bu sayede nesnelerin spektral imzalarına bakılarak nesne ayrımı oldukça kolaylaşmaktadır.

Hiperspektral görüntüleme yöntemi, gözle ayırt edilmesi zor ve aynı renge ait nesnelerin karışımının olduğu uygulamalarda nesnelere ayırt etmek için de kullanılmaktadır (Fei, 2020). Bu çalışmanın araştırma konusu ise hiperspektral görüntüleme sonucu elde edilen veriler kullanılarak spektral imzaların zaman bağlı değişiminin incelenmesidir. Buna bağlı olarak adli tıp çalışanlarının olay yeri ile ilgili aldıkları örneklerin zaman ile ilişkilerini tespit etmek için bir yöntem geliştirilmiştir.

Adli tıp çalışanları olay yerindeki vücut kalıntılarında ait bilgileri geleneksel kamera kayıt yöntemleri ile görüntülemektedirler. Bu kalıntılara ait görüntüleri laboratuvar ortamında inceleyerek olay ile ilgili bazı ipuçları bulmaktadırlar. Normal kameralar ile alınan bu görüntüler ile olayın meydana gelme zamanı tahmin edilememektedir. Bu çalışma ile adli tıp çalışanlarının olay yerine ulaştıkları esnada taşınabilir bir sistem ile numunelere ait aldıkları hiperspektral görüntüler ile vücut kalıntılarının ne zamandan beri o bölgede olduğuna dair bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Görüntü alınması sonrası laboratuvar ortamına veriler taşınmadan, olay yerinde hızlı bir şekilde sonuç veren bu sistemde kan, idrar ve tükürük örnekleri kumaş üzerine sıçradığı varsayılarak hiperspektral görüntüleri alınmış ve zamana bağlı olarak değişimleri, geliştirilen yazılım ile analiz edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Hiperspektral görüntülerin alınması için Specim firmasının ürettiği Specim IQ kamera kullanılmıştır. Bu kamera ile karanlık ortamda halojen lambanın aydınlatıldığı objelerin görüntüsü 400-1000 nm dalgaboyları arasında elde edilmiştir. Ayrıca 204 adet spektral bandın bulunduğu bu kamera 512x512 piksel çözünürlükte görüntü kaydı yapabilmektedir.

2.1. Deney Düzenegi

Deney düzenegi Şekil 1’de bulunan hiperspektral kamera, halojen lamba ve kumaş üzerine damlatılmış kan, tükürük ve idrar örneklerinden oluşmaktadır. Vücut kalıntılarının damlatıldığı kumaşın belli aralıklar ile görüntüleri alınarak kaydedilmiştir.

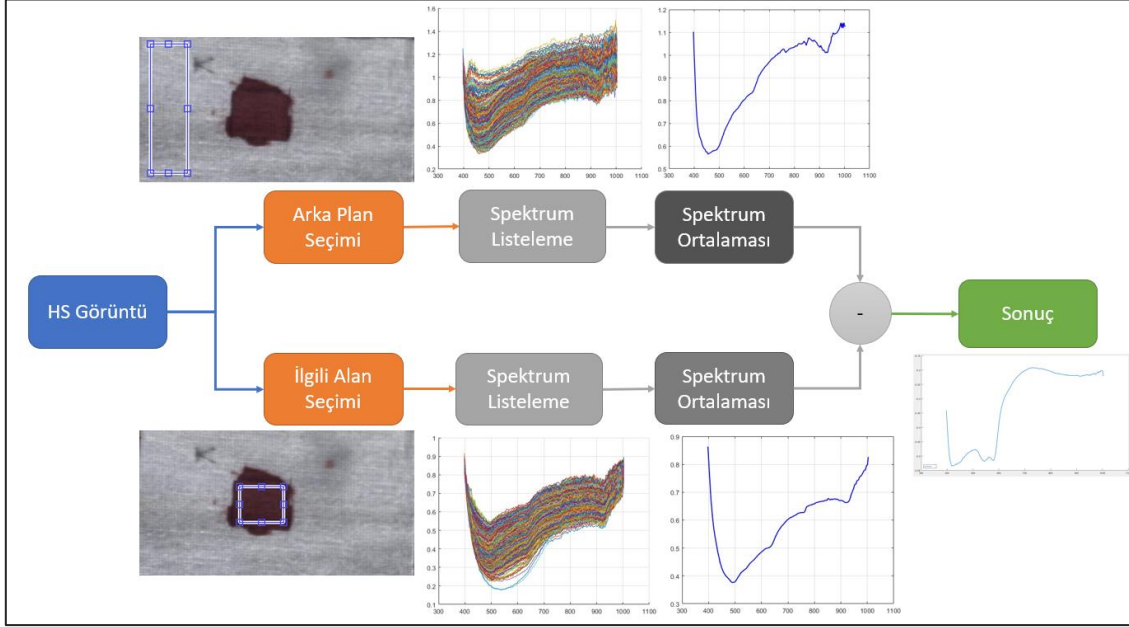
Kurulan deney düzenegindeki zamana bağlı değişimin net olarak tespit edilebilmesi için objeler karanlık ortamda halojen lamba kullanılarak aydınlatılmıştır. Böylece sabit ışık şiddeti altındaki kan, tükürük ve idrar örneklerinin kumaş üzerindeki değişimi aynı şartlar altında incelenebilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Deney Düzenegi a) Hiperspektral kamera, b) Halojen lamba, c) Görüntüsü alınacak bölge, d) Hiperspektral beyaz referans plaketi

2.2. Zaman Analiz Algoritması

Adli tıp personeli olay yerine ulaştığı anda aldığı hiperspektral görüntüler vücut kalıntılarının o anki durumlarını göstermektedir ve analiz işlemi de buna göre değerlendirilmelidir. Bu sebepten kalıntılara ait zaman tespiti yaparken kumaşın görüntü alındığı andaki lekeli bölge kullanılmıştır. Uygulanan yöntem Şekil 2’de görülmektedir. Bu kısımda RGB görüntü üzerinde seçilen ilgili alanın spektral imza ortalaması, kaydedilen hiperspektral görüntüden elde edilmiştir. Temiz kumaş parçasına ait elde edilen spektral imza yoğunluğundan lekeli alana ait spektral imza yoğunluğu çıkarılmıştır. Her görüntü için önce lekeli alan belirlenmiş daha sonra lekeli alan belirlenmiştir. Spektral imza yoğunlukları grafik haline getirilerek değişimler gözlenmiştir. Örnekler, 2 günlük bir süre içerisinde farklı zamanlarda görüntülenmiştir (Tablo 1).



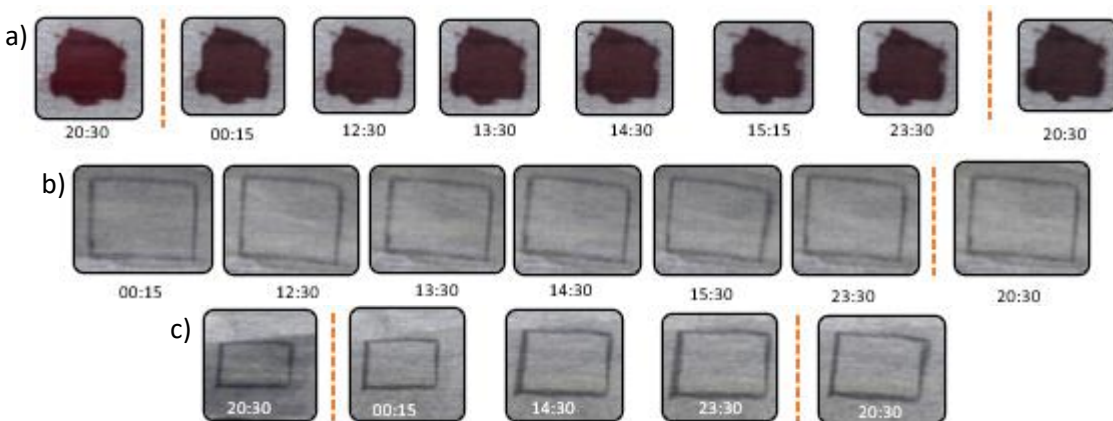
Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Zaman Analiz Metodu

Tablo 1. Numunelere ait görüntü alma saatleri

Numuneler	Görüntülenme saatleri
Kan Örneği	20:30 – 00:15 – 12:30 – 13:30- 14:30 – 15:15 – 23:30 – 20:30
İdrar Örneği	00:15 – 12:30 – 13:30 – 14:30 – 15:30 – 23:30 – 20:30
Tükürük Örneği	20:30 – 00:15 – 14:30 – 23:30 – 20:30

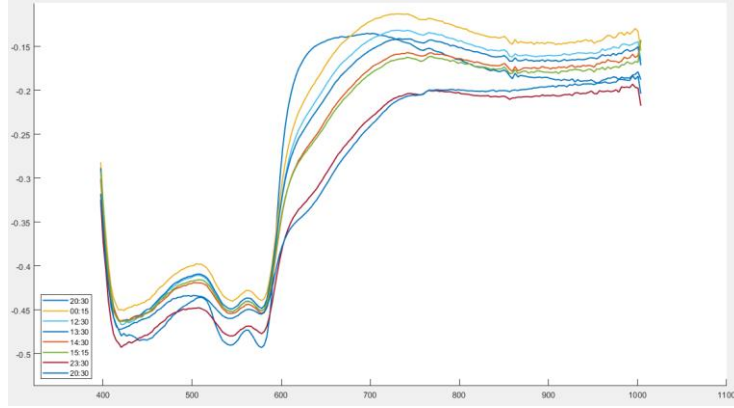
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Zamana bağlı değişimlerin RGB görüntüleri Şekil 3’de verilmiştir. Bu görsellerde zamana bağlı değişimin ilk evreleri belirlenebilirken zaman ilerledikçe değişim göz ile ayırt edilememektedir.

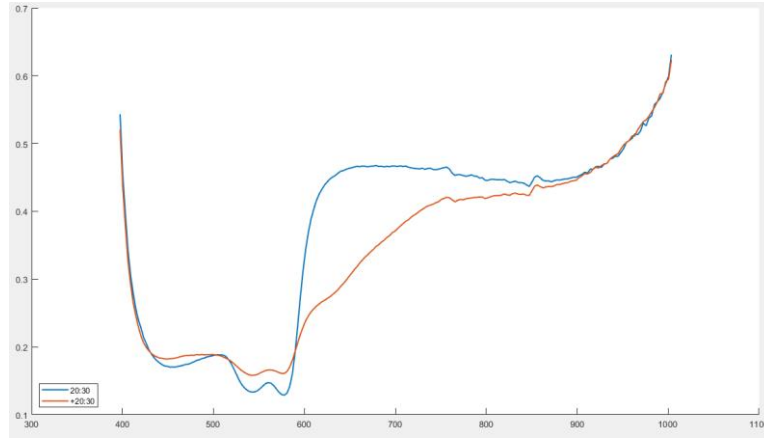


Şekil 3. Zamana bağlı RGB görüntüler a) Kan Örneği, b) İdrar Örneği, c) Tükürük Örneği

Şekil 4 incelendiğinde, saat 20:30'da beyaz kumaş üzerine damlatılan kanın zamana bağlı spektral imza yoğunluğu görülmektedir. Bu grafikte yatay eksen dalga boyunu gösterirken dikey eksen spektral imza yoğunluğunu göstermektedir. 600-700nm dalga boylarında spektral imza yoğunluğu zamana bağlı olarak değişmektedir. Zaman ilerledikçe kırmızı renge ait spektrumun daha doygunlaşması sonucu spektral imza ortalamasının bu dalga boylarındaki değerleri azalmaktadır. Ayrıca kan damlası ilk damlatıldığı andaki spektral imza ile kuruduktan sonraki spektral imzaların da farklılaştığı görülmektedir (Şekil 5).

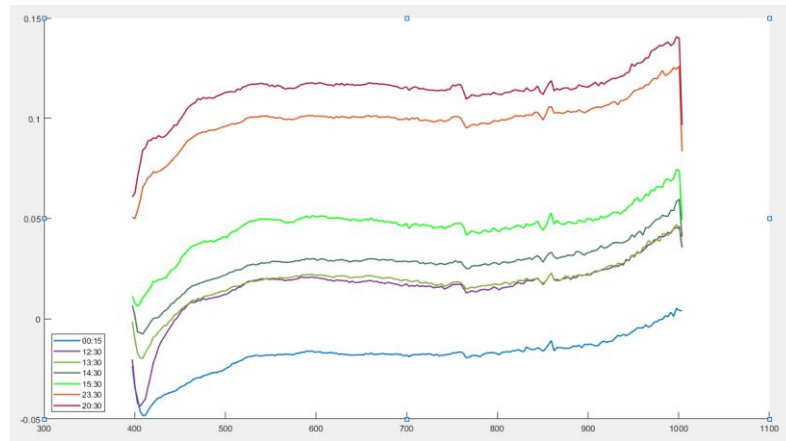


Şekil 4. Kumaşa damlatılmış kana ait zamana bağlı olarak değişim gösteren spektral imzalar

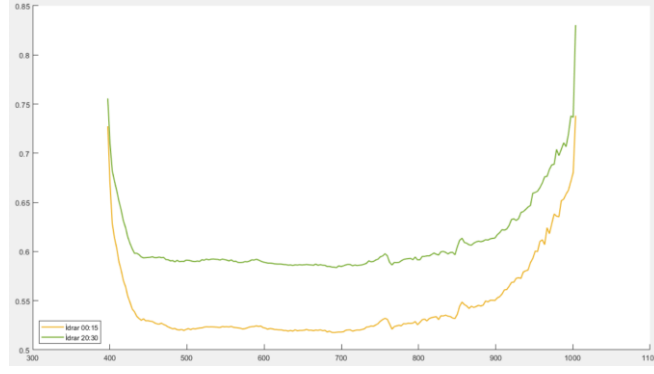


Şekil 5. Kan Örneğinin kumaşa ilk damlatıldığı hali ve son haline ait spektral imza yoğunlukları

Şekil 6 incelendiğinde kumaşa damlatılan idrarın zamana bağlı spektral imza yoğunlukları görülmektedir. Burada kan örneğinden farklı olarak spektral imzada farklılık olmazken (Şekil 7) yoğunluğundaki değişim 600-800nm dalga boylarında görülmektedir.

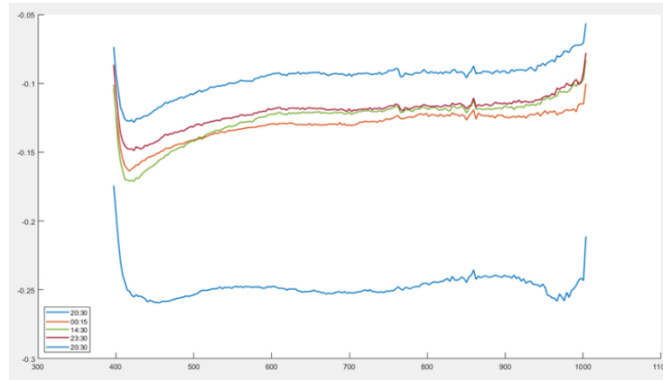


Şekil 6. Kumaşa damlatılmış idrarara ait zamana bağlı olarak değişim gösteren spektral imzalar

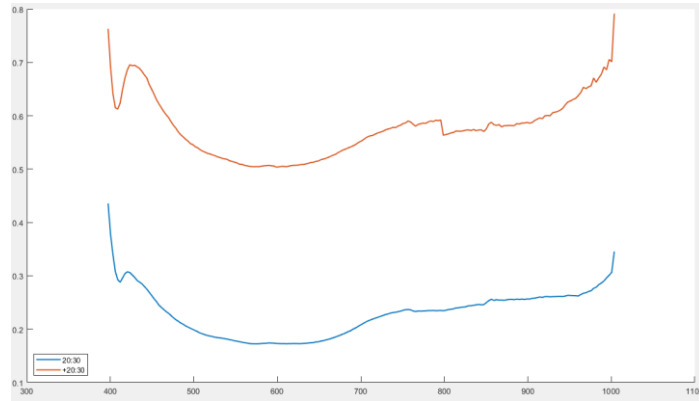


Şekil 7. İdrar Örneğinin kumaşa ilk damlatıldığı hali ve son haline ait spektral imza yoğunlukları

Şekil 8 incelendiğinde tükürük örneğinin zamana bağlı değişimi görülmektedir. Burada idrarda olduğu gibi spektral imza değişmezken, imza yoğunluğu değişmektedir. 550-800nm dalga boylarında zamana bağlı değişim görülmektedir (Şekil 9).

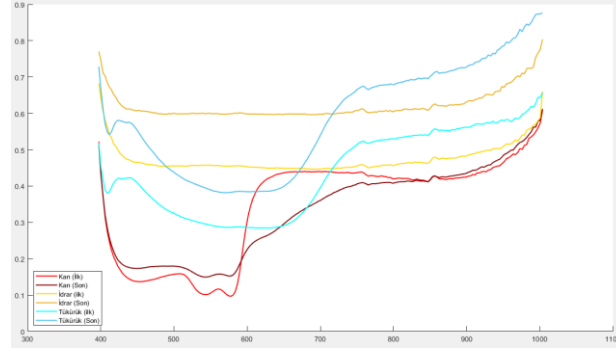


Şekil 8. Kumaşa damlatılmış tükürüğe ait zamana bağlı olarak değişim gösteren spektral imzalar



Şekil 9. Tükürük Örneğinin kumaşa ilk damlatıldığı hali ve son haline ait spektral imza yoğunlukları

Şekil 10 incelendiğinde kan, idrar ve tükürük örneklerinin kumaşa damlatıldığı ilk an ve son hallerine ait spektral imza yoğunlukları görülmektedir. Burada her bir numunenin spektral imza yoğunluklarının birbirinden farklı olduğu gözlemlenmektedir. Böylece alınan numunenin spektral imzalarına bakarak hangi vücut kalıntısına ait olduğu da hiperspektral görüntüleme ile de tespit edilebilmektedir.



Şekil 10. Kan, idrar ve tükürüğün kumaşa ilk damlatıldığı hali ve son haline ait spektral imza yoğunlukları

4. Sonuç

Bu çalışmada adli tıp çalışanlarının olay yerine ulaştıkları anda, olay yerindeki vücut kalıntılarında ait ipuçlarını daha anlamlı hale getirilmesi hedeflenmiştir. Hiperspektral kamera ile alınan görüntünün spektral yoğunlukları oluşturulduktan sonra elde edilen grafikler incelendiğinde, kalıntılara ait imza yoğunluklarının zamana göre değiştiği saptanmıştır. Birçok alanda nesne sınıflandırması ve tespit için kullanılan hiperspektral görüntüleme yönteminin zaman değişimi ile ilgili bilgi verdiği bu çalışma ile desteklenmiştir.

Hiperspektral görüntüsü alınan numelerden kan için 600-700 nm, idrar için 600-800 nm ve tükürük için 550-800 nm dalga boylarındaki spektral imza yoğunlukları zaman bilgisini taşımaktadır. Hiperspektral görüntülemenin ne yaygın özelliği olan spektral imza tabanlı sınıflama işlemi sonrası, ilgili dalga boyları analiz edilerek vücut kalıntılarının ne olduğu ve ne zaman buşaltığına dair bilgi edinilmesi ilerleyen çalışmalarda sistematik bir şekilde çalışır hale getirilerek gerçek uygulamalar üzerinde denenecektir. Ayrıca sistem taşınabilir ve hızlı sonuçlar vereceği için adli tıp uzmanları tarafından rahatça kullanılabilir. Adli tıp çalışanlarının tecrübelerine destek olarak elde edilecek sonuçlar olaylara ait ipuçlarını artıracığı için daha hızlı olay çözümlerinin sağlanacağı düşünülmektedir. Ayrıca olay yerine ait diğer vücut kalıntıları (sperm, vücut kılı, tırnak vb.) üzerine de çalışmalar yapılarak kriminal bulguların olaya dair ipucu derinliğinin artırılması yapılabilecek diğer çalışmalar için fikir niteliğindedir.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için SPECIM IQ Mobil Hiperspektral Kamerasını tedarik eden BLG Kimya Teknolojileri Firmasına ve görüntülerin çekilmesi için uygun çalışma ortamını oluşturan Elfatek Elektronik'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Adam, E., Mutanga, O., Rugege, D., Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review, *Wetlands Ecology and Management* 18 (3) (2010) 281e296 (in English).
- Afromowitz, M.A., Callis, J.B., Heimbach, D.M., DeSoto, L.A., Norton, M.K., Multispectral imaging of burn wounds: a new clinical instrument for evaluating burn depth, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 35 (10) (1988) 842e850.
- Carrasco, O., Gomez, R.B., Chainani, A., Roper, W.E., Hyperspectral imaging applied to medical diagnoses and food safety, in: *Proc. SPIE 5097, Geo-Spatial and Temporal Image and Data Exploitation III*, 2003, pp. 215e221.
- Edelman, G.J., Gaston, E., Van Leeuwen, T.G., Cullen, P.J., Aalders, M.C.G., Hyperspectral imaging for non-contact analysis of forensic traces, *Forensic Science International* 223 (1e3) (2012) 28e39.
- Edelman, G., van Leeuwen, T. G., & Aalders, M. C. G. (2012). Hyperspectral imaging for the age estimation of blood stains at the crime scene. *Forensic Science International*, 223(1-3), 72–77. doi:10.1016/j.forsciint.2012.08.003
- Fei, B. (2020). Hyperspectral imaging in medical applications. *Hyperspectral Imaging*, 523–565. doi:10.1016/b978-0-444-63977-6.00021-3
- Feng, Y.Z., Sun, D.W., Application of hyperspectral imaging in food safety inspection and control: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52 (11) (2012) 1039e1058 (in English).
- Fischer, C., Kakoulli, I., Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications, *Studies in Conservation* 51 (Suppl. 1) (2006) 3e16.
- Govender, M., Chetty, K., Bulcock, H., A review of hyperspectral remote sensing and its application in vegetation and water resource studies, *Water SA* 33 (2) (2007).
- Gowen, A.A., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J., Downey, G., Frias, J.M., Hyperspectral imaging e an emerging process analytical tool for food quality and safety control, *Trends in Food Science & Technology* 18 (12) (2007) 590e598.
- Liang, H., Advances in multispectral and hyperspectral imaging for archaeology and art conservation, *Applied Physics A* 106 (2) (2012) 309e323 (in English).
- Malkoff, D.B., Oliver, W.R., Hyperspectral imaging applied to forensic medicine, *Proceedings of SPIE* (2000) 108e116.
- Zhao, J., Zhong, Y., Jia, T., Wang, X., Xu, Y., Shu, H., & Zhang, L. (2018). Spectral-spatial classification of hyperspectral imagery with cooperative game. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 135, 31–42. doi:10.1016/j.isprsjprs.2017.10.006.



Kablolu İHA Sistemleri ve Uygulamaları

Ali Küçükçelebi¹, Ercan Yıldız²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6565-8477)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2245-0654)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802734)

ATIF/REFERENCE: Küçükçelebi, A. & Yıldız, E. (2020). Kablolu İHA Sistemleri ve Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 154-159.

Öz

Son yıllarda İHA sistemlerinin sivil ve askeri kullanımı hızla artmaktadır. Ancak uçuş sürelerinin kısa olması ve faydalı yük kapasitelerinin düşük olması gibi önemli kullanım kısıtları mevcuttur. Gelişen teknolojiyle birlikte İHA'ların bu kullanım kısıtlarına çözüm önerisi olarak farklı yapılarında İHA sistemleri tasarlanmıştır. Kablolu drone sistemleri ve kablolu aerostat sistemleri genel kabul görmüş çözümlerden birkaçıdır. Kablolu drone sistemleri daha düşük irtifalarda kesintisiz görev yapabilen drone temelli bir çözümdür. Bu çalışmalar sayesinde farklı uygulama alanlarında hizmet vermeye başlanmıştır. Bu çalışmada İHA sistemleri ile bu sistemlerin avantaj ve dezavantajları sunulmuştur. Ayrıca kablolu drone ve kablolu aerostatların çalışma yapıları anlatılmış ve kullanım alanlarıyla ilgili örnekler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İHA Teknolojisi, Kablolu İHA, Aerostat, Drone, Keşif, Gözetleme.

Tethered UAV Systems and Applications

Abstract

Civil and military use of UAV systems has been increasing rapidly in recent years. However, there are important usage limitations such as short flight times and low useful load capacities. With the developing technology, UAV systems with different structures have been designed as a solution to these usage limitations of UAVs. Tethered drone systems and tethered aerostat systems are some of the generally accepted solutions. Tethered drone systems are a drone-based solution that can operate at lower altitudes without interruption. Thanks to these studies, services have started to be provided in different application areas. In this study, the advantages and disadvantages of the UAV systems were mentioned and a comparison was made on flight times. In addition, the working structures of tethered drones and tethered aerostats are explained and examples of their usage areas are given.

Keywords: UAV Technology, Tethered UAV, Aerostat, Drone, Exploration, Surveillance.

1. Giriş

İçerisinde bulunduğumuz dönemde radar, elektro-optik ve kamera sistemlerinde büyük gelişim sağlanmıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak keşif ve gözetleme çalışmaları bu sistemler üzerine kurulmaya başlanmıştır. Günümüzdeki en etkili keşif ve gözetleme yöntemlerinden biri de İnsansız Hava Aracı (İHA) üzerinden gerçekleştirilmektedir (Kabadayı ve Uysal, 2019; Bayraktar, 2013). Askeri ve savunma amaçlı İHA sistemlerinin kullanımının yanı sıra sivil alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Bajoria ve ark., 2017). Fakat zamanla İHA sistemlerinde çeşitli kullanım kısıtları uygulama alanlarında sorun yaratmaya başlamıştır. Uçuş sürelerinin kısa olması ve faydalı yük kapasitelerinin düşük olması bu kullanım kısıtlarının en önemlilerinden birkaçıdır (Balasubramanian ve ark., 2014; Pant, Komerath ve Kar, 2011). Bu soruna bir çözüm önerisi olarak kablolu İHA sistemleri ve modelleri geliştirilmektedir. Bu tür İHA sistemleri keşif ve gözetleme için gerek duyulan faydalı yükleri istenilen irtifalara çıkarabilme kabiliyetine sahiptir. Kablolu İHA sistemlerinin kullanımı son yıllarda dünya genelinde artmıştır. Taşıdıkları kameralar vs. sayesinde kritik tesislerde güvenlik amaçlı kullanımları mevcuttur. Askeri bölgelerde ise devriye araçlarının üzerinde kullanılarak oluşabilecek tehlikelere karşı ek bir önlem olarak kullanılmaktadır. Kablolu aerostat sistemleri ise daha yüksek irtifalarda uzun süreler boyunca havada kalma kabiliyetlerine sahiptirler (Pant, Komerath ve Kar, 2011). Dünya genelinde gelişmiş ülkelerin çoğu kablolu aerostat sistemlerini keşif ve gözetleme

amaçlı sınır bölgelerinde ve olası terör eylemlerinin olabileceği bölgelerde sıklıkla kullanılmaktadırlar. 2015 yılından itibaren Türkiye’de bazı firmalar bu tür sistemler için çalışmalara başlamıştır (Karaağaç, 2016).

2. İHA Sistemleri ve İha Uçuş Süreleri

İHA’lar çoğunlukla bir yer kontrol istasyonundan kontrol edilen, pilota ihtiyaç duymadan kullanılabilen hava araçlarına verilen genel bir isimdir. İHA’lar elektronik ve yazılım teknolojilerindeki ilerlemelerle paralel olarak hızla gelişmektedir. İHA’lar ilk zamanlarda sadece askeri amaçlı görevler için geliştirilmiş olsa da günümüzde sivil ve ticari amaçlı kullanımı da büyük oranda artmıştır.

Günümüzde kullanılan İHA sistemlerinin en büyük problemlerinden biri güç kapasitesine bağlı olarak havada kalma sürelerinin kısıtlı olmasıdır. Tablo 1’de İHA’ların sınıflarına göre havada kalma süreleri verilmiştir.

Tablo 1. İHA Sınıfları ve Uçuş Süreleri (Yiğit, Yazar ve Karakoç, 2018)

İHA SINIFI	Uçuş Süresi (saat)
Mikro /Mini İHA	1-2
Taktiksel İHA	2-48
Stratejik İHA	24-48
Özel Görevli İHA	3- >48

Son yıllarda birçok havacılık firması özgün tasarımlar ile bu uçuş sürelerini yükseltme yarışına girmiş bulunmaktadır. Airbus firmasının üretmiş olduğu Zephyr Stratosferik İHA yaklaşık olarak 25 gün kesintisiz olarak havada kalarak bu alandaki rekoru elinde bulundurmaktadır. Aurora Flight Sciences firması tarafından tasarlanan Orion isimli İHA ise uçuş testleri sırasında 120 saat havada kalmayı başarmıştır (Airforce-Technology, 2020). Son olarak Türk Havacılık ve Uzay Sanayii firmasının geliştirmiş olduğu Aksungur isimli İHA ise 49 saat havada kalmayı başarmıştır (St Endustri, 2020).

2.1. İHA’ların Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

- Oluşabilecek kazalarda can kaybı yaşanma ihtimali oldukça düşüktür.
- Pilot yetiştirme maliyeti düşüktür.
- Ulaşılamayan bölgeler için kullanılabilir.
- Yapım maliyeti normal bir uçağa kıyasla daha düşüktür.

Dezavantajları:

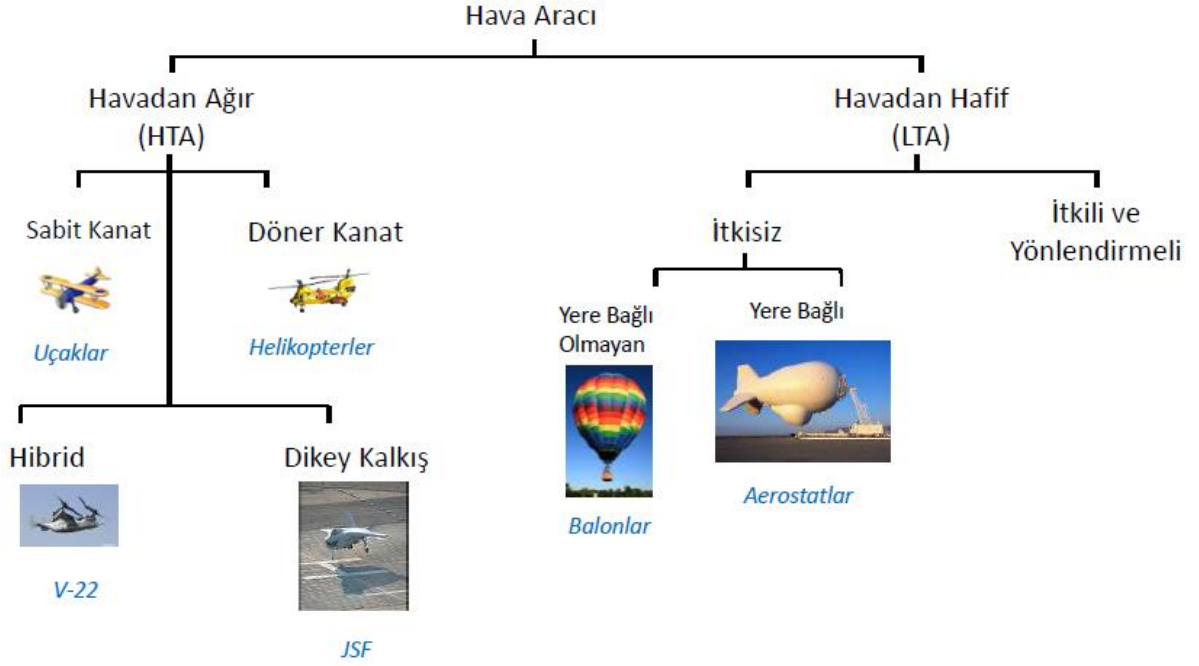
- Havada kalma süreleri kısadır.
- Uçuş irtifası sınırlıdır.
- Faydalı yük kapasitesi düşüktür.
- İHA ile bağlantının kopması durumunda tehlike oluşturma riski vardır.
- Rüzgâr, yağmur, şimşek vb. hava şartlarından etkilenir (Yiğit, Yazar ve Karakoç, 2018).

3. Kablolü İHA Sistemleri

İHA’ların havada kalma sürelerinin kısıtlı olmasına bir çözüm getirmek için birçok girişimci firma yere kablo ile bağlı İHA sistemleri üzerine çalışmalara başlamıştır. Şekil 1’de hava araçları sınıflandırması görülmektedir. Şemada hava araçlarının kullanmakta olduğu *havadan ağır tekniği* (heavy than air, HTA) ve *havadan hafif tekniği* (lighter than air, LTA) şeklinde iki ana gruba ayrılır. Bu şemaya göre günümüzde bilinen uçak, helikopter vb. sistemler havadan ağır tekniğini kullanmaktadır. Diğer tarafta görülen havadan hafif tekniğinde ise itkili ve itkisiz sistemler görülmektedir. İtkili sistemler yere bağlı olmayıp, üzerlerinde taşıdıkları

motorlarla hareket kabiliyetleri daha yüksek olan sistemlerdir. İtkisiz sistemlerde ise yere bağlı olan ve yere bağlı olmayan sistemler görülmektedir.

Kablolu İHA sistemlerini dünya genelinde birçok ülke kullanmaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde İHA'ların havada kalma süresine yönelik iki farklı etkin çözüm bulunmaktadır: Kablolu drone ve kablolu aerostat.



Resim 1. HTA ve LTA Sınıflandırması

3.1. Kablolu Drone

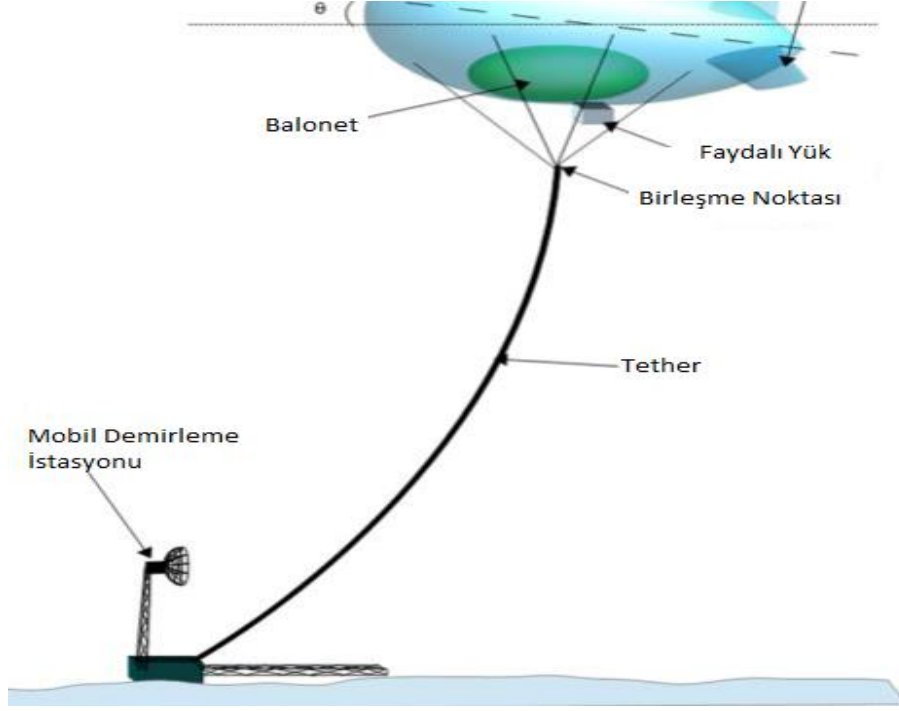
Döner kanatlı bir İHA'yı kablo ile kompakt bir yer istasyonuna bağlı olarak görev yapabilir hale getiren bir sistemdir. Genel olarak kısıtlı görüş açısına sahip kara ve deniz platformlarında kullanılmaktadır. Drone ile yer kontrol istasyonu arasındaki iletişim kablo hattı üzerinden gerçekleştirildiği için hatta taşınan verilerin çalınması veya karıştırılması büyük oranda engellenmiş olur. Sisteme ait kablunun kontrolü ve gerekli güç yerde bulunan bir araç ve vinç sistemi vasıtasıyla gerçekleştirilir. Böylece İHA'ya gerekli güç verilerek kesintisiz görev yapması sağlanır (Hoverfly Case Study, 2020). Bu sistemlerde kullanılan Power Line Communication (PLC) haberleşmesi sayesinde gerekli bilgilerin çift yönlü olarak aktarımı mümkündür. Kullanıcı, yer kontrol istasyonu aracılığıyla gerçekleştirilen göreve ait ilgili sensör verilerini, koordinat ve/veya kameradan gelen görüntü bilgilerini anlık olarak izleyebilmektedir. Döner kanatlı İHA sistemlerinin en önemli sorunlarından biri de GPS karışırtmalarının olduğu bölgelerde uçuş yapılmasının tehlikeli olmasıdır. Kablolu drone sistemi, belirli algoritmalar ve sensörler kullanarak diğer drone sistemlerine göre GPS verilerine bağlı kalmadan uçuş gerçekleştire-bilmektedir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, araç arkası için uygun bir sistem olan kablolu drone sistemi, devriye araçları için olası tehlikeleri erken görüp önlem alınabilmesini sağlamaktadır (Hoverfly Case Study, 2020; Suas News, 2020).



Resim 2. Araç Arkası Kablolu Drone Kullanımı (Hoverfly Case Study, 2020)

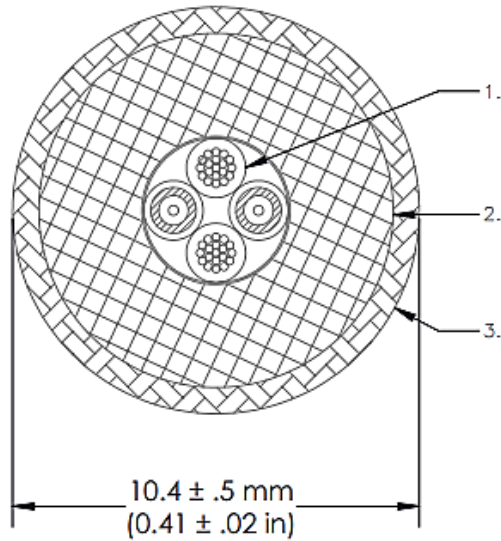
3.2. Kablolu Aerostat

Kablolu aerostat sistemi, havadan hafif tekniği baz alınarak göreve özel olarak tasarlanmaktadır (Peterson, 2005). Havadan hafif tekniğinde sistem çevresindeki havadan daha hafif olan bir gaz ile doldurularak havanın kaldırma kuvveti kullanılır. Aerostat sistemlerinde geçmişte hidrojen gazını kullanmış olsa da günümüzde daha güvenli olduğu bilinen helyum gazı kullanılmaktadır (Kapoor ve Pant, 2013).



Resim 3. Aerostat Sistemi ((Bajoria ve ark., 2017)

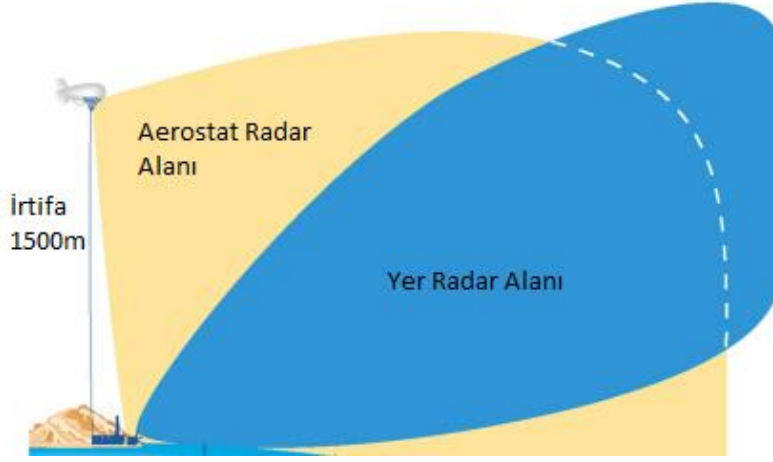
Aerostat sistemleri helyum gazının bulunduğu balon ve havanın bulunduğu balonet bölümlerinden oluşmaktadır. Balonet üzerinde hava alışverişini sağlayan valf ve üfleç sistemleri bulunmaktadır. İstenilen irtifalara yükselebilmek ve belirli bir irtifadan alçalabilmek için balonet kısmına, valf ve üfleçler yardımıyla hava girişi ve çıkışı yapılarak balon içerisinde bulunan helyum gazının basıncı değiştirilmiş olur. Bu tür sistemler aerostatın bağlı olduğu mobil bir demirleme istasyonuna ihtiyaç duymaktadır. Mobil demirleme istasyonu ile aerostat sistemi arasındaki tether adı verilen kablo, yüksek çekme kuvvetlerine dayanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Tether kablosu içerisinde bir güç hattı ve iki adet fiber hattı bulunmaktadır. Güç hattı üzerinden kesintisiz güç verilerek sistemin uzun süre havada kalması sağlanabilmektedir (Peterson, 2005; Kapoor ve Pant, 2013).



Resim 4. Örnek Bir Tether Kablo Kesiti (Hybrid Cable datasheet)

Resim 4'te yer alan kablo kesitinde 1 numaralı alan güç ve fiber hattının geçtiği kablonun ana kısmıdır, 2 numaralı kısım kablonun mukavemetini arttıran vectran örgü yapısına sahip bir iç kılıftır. 3 numaralı bölge ise örgülü polyester yapıya sahip bir dış kılıftır. İç içe geçmiş bu 3 bölge aerostat sistemi için belirlenen irtifalara güç ve veri aktarımını sağlar.

Bu sistemlerin en büyük avantajlarından biri de sistemin oldukça sessiz çalışması ve diğer İHA sistemlerine kıyasla radar kesit alanının minimum düzeyde olmasıdır. Bu sayede keşif, gözetleme ve istihbarat çalışmalarında oldukça kullanışlı bir sistem durumuna gelmektedir. Yüksek irtifaya çıkan aerostat sisteminin bir diğer avantajı ise yer radarı ve elektro-optik sistemlerinden çok daha geniş bir görüş açısına sahip olmalarıdır (Cimsec, 2020).



Resim 5. Aerostat ve Yer Sistemlerinin Görüş (Cimsec, 2020)

3.3. Kablolü İHA Uygulama Alanları

Kablolu İHA sistemleri faydalı yük taşıyabilme kabiliyeti sayesinde birçok görevde kullanılabilir. Özellikle kablolu aerostat sistemi 500 kg'ye kadar faydalı yük taşıyabilme kapasitesine sahiptir. Bu faydalı yükler göreve özgü değişebilmekle beraber genel olarak radar, kamera, anten ve çeşitli özel amaçlı sistemlerden oluşmaktadır (Deschênes ve Nahon, 2005).

Kablolu İHA sistemleri genel olarak aşağıdaki alanlarda faaliyet göstermektedir:

- Haberleşme
- Kritik tesis güvenliği
- Keşif, gözetleme, istihbarat
- Çevre koruma
- Deniz ve liman trafiği
- Sınır güvenliği vb.

4. Sonuç

Kablolu İHA sistemlerinin kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Bunda en büyük etken sistemin kablo ile kesintisiz güç sağlayarak kullanıcıyı kısıtlı uçuş sürelerinden kurtarmış olmasıdır. Ayrıca sistemin veriyi kablo üzerinden taşıması sayesinde taşıyan verinin karıştırılması ve/veya dinlenmesi büyük ölçüde engellenmiş olur. Sınır güvenliği, keşif ve gözetleme, haberleşme, arama-kurtarma ve kritik tesis güvenliği gibi geniş bir yelpazedeki farklı ihtiyaçlar için, uzun süre boyunca havada kalabilme kabiliyetine sahip olan kablolu İHA sistemleri, normal bir döner kanatlı İHA veya sabit kanatlı İHA'ya göre daha avantajlı hale gelmektedir. Bu sistemlerin yerde belirli bir noktaya bağlı olmaları nedeniyle operasyon alanının sınırlı olması bir dezavantaj gibi gözükse de uygulamaya yönelik olarak sağladığı faydalı yük kapasitesi ve havada kalma sürelerinin fazla olması kablolu İHA sistemlerini tercih edilir hale getirmektedir (Yılmaz ve Gencer, 2018).

İHA sistemlerinin maliyetleri ve uçuş süreleri düşünüldüğünde hem maliyet etkin olması hem de uzun süre boyunca havada kalma kabiliyeti sayesinde kablolu İHA sistemleri oldukça kullanışlı hale gelmektedir. Yüksek ağırlıkta faydalı yük taşıyabiliyor olmaları sayesinde aynı operasyonda birden fazla faydalı yükü taşıyarak, kullanıcıya aktif olarak kullanabilme imkânı sağlamaktadırlar. Son yıllarda ülkemizde de kullanım alanlarının yaygınlaşmasıyla birlikte Aselsan, Türksat ve Otonom Teknoloji firmaları bu alanda çalışmalar yaparak bu platformları Türkiye'de üretilir ve kullanılır hale getirmektedir (Karaağaç, 2016).

Kaynakça

- Kabadayı, A. & Uysal, M. (2019), İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Verilerden Binaların Tespiti , *Türkiye İHA Der.*, 1(1): 08-14
- Bayraktar, E. (2013), Design and Control of an Autonomous Blimp , E.E Müh. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Bajoria, A., Mahto, N.K., Boppana, C.K. & Pant, R.S. (2017), Design of a Tethered Aerostat System for Animal and Bird Hazard Mitigation, *ICRAAE*, paper: 8297244
- Balasubramanian, P., Sati, S.C., Pal, A. & Gautam, R. (2014), A Novel Method For Improving Aerostat Endurance Using Microprocessor Controlled Feedtube, *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 2(3): 114-120
- Pant, R., Komerath, N. & Kar, A. (2011), Application of Lighter-Than-Air Platforms for Power Beaming, Generation and Communications , *International Symposium on Electronic System Design*, paper: 10.1109
- Karaağaç, C. (2016), İHA Sistemleri Yol Haritası: Geleceğin Kartalları 2016-2050, Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.
- Yiğit, E., Yazar, I. & Karakoç, T.H. (2018), İnsansız Hava Araçları (İHA)'nın Kapsamlı Sınıflandırılması ve Gelecek Perspektifi, *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(1): 13-19
- Airforce-Technology, <https://www.airforce-technology.com/features/featurethe-top-10-longest-range-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>, E.T. 07.09.2020.
- St Endustri, <https://www.stendustri.com.tr/makina/aksungur-dan-49-saatlik-ucus-h107851.html>, E.T. 05.09.2020.
- Hoverfly Case Study, <http://b63.b67.myftpupload.com/wp-content/uploads/2018/03/Hoverfly-Case-Study-in-March-SM.pdf>, E.T. 08.09.2020.
- Suas News, <https://www.suasnews.com/2014/09/italian-army-is-evaluating-a-tethered-uav-for-convoy-protection/>, E.T. 12.09.2020.
- Peterson, S. (2005), The small aerostat system: Field tested, highly mobile and adaptable, *AIAA 5th Aviation, Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO)*, paper 2005-7444
- Kapoor, A. & Pant, R.S. (2013), A Methodology for Conceptual Sizing of a Tethered Aerostat, *AIAA Lighter-Than-Air Systems Technology (LTA) Conference*, paper 2013-1274
- Hybrid Cable datasheet, Cortland Company, Canada.
- Cimsec, <http://cimsec.org/strategic-role-tactical-maritime-aerostats-ensuring-persistent-surveillance/26214>, E.T. 14.09.2020.
- Deschênes, F. & Nahon, M. (2005), Design Improvements for a Multi-Tethered Aerostat System, *AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference*, paper 6126
- Yılmaz, N. & Gencer, C.T. (2018), Where To Locate Tethered Aerostats for an Effective Surveillance System: A Case Study on Southern Turkey, *GU J Sci* , 31(1): 189–200



Kapasitif Açısal Pozisyon Sensörü için CORDIC ile Arktanjanant Fonksiyonu Uygulanması

Muhammet Rojhat Kara¹, Emrehan Yavsan^{2*}, Mehmet Karalı², Mehmet Akif Erişmiş³

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0353-1902)

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9521-4500)

³ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6837-2087)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802008)

ATIF/REFERENCE: Kara, M.R., Yavsan, E., Karalı, M. & Erişmiş, M.A. (2020). Kapasitif Açısal Pozisyon Sensörü için CORDIC ile Arktanjanant Fonksiyonu Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 160-164.

Öz

Arktanjanant fonksiyonu güç sistemlerinde, AC devrelerdeki analizlerde, enkoderlerde açı ve hız hesabında sistemlerin izlenmesi ve kontrolü için vazgeçilmez bir parçadır. Bu tür kontrol uygulamaları çoğunlukla mikrodenetleyicilerde yapılmaktadır fakat mikrodenetleyicilerin işlem kapasiteleri kısıtlıdır. Arktanjanant fonksiyonu bir mikrodenetleyici içerisinde seri açılımı yöntemi ile hesaplanmaya çalışılırsa hem çok fazla işlem gücü gerekir hem de uzun zaman harcar. Ayrıca seri açılımı yönteminde hassasiyetin artması için daha fazla terim gerekir ve bu işlem yoğunluğunu daha da artırır. Fakat arama tabloları ve CORDIC algoritması kullanılarak bu işlemler hem daha hızlı hem de bit düzeyinde kaydırma, toplama ve çıkarma gibi basit işlemlerle yapılabilmektedir. Bu gibi bit düzeyindeki işlemler ortalama bir mikrodenetleyicinin rahatça yapabileceği işlerdir. Bu çalışmada kapasitif rotary enkoderlerde rotor açısı ve hız hesabı için CORDIC algoritması kullanılmış ve bu işlemler ARM çekirdeğini kullanan bir mikrodenetleyicide gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar hazır matematik kütüphanelerindeki arktanjanant fonksiyonu ile kıyaslandığında CORDIC algoritmasının radyan cinsinden sonuç için 10^{-6} 'lık bir hassasiyet ile aynı işlemleri *atan2* fonksiyonundan yaklaşık 9 kat ve *atan2f* fonksiyonundan 2 kat daha hızlı yaptığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arktanjanant, CORDIC, Kapasitif Sensör, Mikrodenetleyici, Pozisyon Sensörü.

Arctangent Function Implementation with CORDIC for a Capacitive Angular Position Sensor

Abstract

Arctangent function is an indispensable part for monitoring and control of systems in power systems, analysis of AC circuits, angle and speed calculation in encoders. Such control applications are mostly done in microcontrollers, but the processing capacity of microcontrollers are limited. If the arctangent function is tried to be calculated by serial expansion method in a microcontroller, it requires both a lot of CPU power and a long time. In addition, more terms are required to increase the accuracy in the series expansion method, and this further increases the density of the process. However, using the look up tables and the CORDIC algorithm, these operations can be done both faster and with simple operations such as bit shift, addition and subtraction. These operations are quite doable even for an average microcontroller. In this study, CORDIC algorithm was used for the rotor angle and speed calculation in capacitive rotary encoders and these operations were performed in a micro controller that uses ARM core. When the results are compared with the arctangent function in the math.h library, it has been observed that the CORDIC algorithm performs the same

* Sorumlu Yazar: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9521-4500, eyavsan@erbakan.edu.tr

operations approximately 9 times faster than *atan2* function and 2 times faster than *atan2f* function with a precision of 10^{-6} in radians.

Keywords: Arctangent, CORDIC, Capacitive Sensor, Microcontroller, Position Sensor.

1. Giriş

Koordinat döndüren sayısal bilgisayar (CORDIC) aritmetiğinin ana konsepti, iki boyutlu geometrinin basit ve antik kurallarını temel almaktadır. Fakat özellikle trigonometrik fonksiyonların hesabında kullanılan bu algoritmanın uygulama için iteratif olarak yazılması ilk olarak 1959 yılında Jack E. Volter [1] tarafından gerçekleştirilmiştir.

İlerleyen dönemde Cochran [2] CORDIC algoritmasını çeşitli algoritmalarla kıyaslayarak özellikle bilimsel bir hesap makinesi işlemleri için daha iyi bir seçenek olduğunu göstermiştir. CORDIC algoritmasının popüleritesi ve kullanımı daha sonralarında trigonometrik, logaritmik fonksiyon hesaplarında, karmaşık sayı çarpımlarında, sinyal işleme için tekil değer ayrışımında, görüntü işlemede ve bu gibi çeşitli uygulamalardaki etkinliği görülüp başarılı sonuçlar alındıkça giderek artmıştır. Günümüzde de halen aktif kullanılmakta olan etkin bir algoritmadır.

Yüksek çözünürlük ve doğruluklu açısal pozisyon sensörleri genellikle motor pozisyon kontrolünde geri bildirim olarak kullanılmaktadır. Kapasitif sensörler temassız ölçüm, yüksek ölçüm hassasiyeti, basit yapı, düşük maliyet ve zorlu ortamlarda çalışabilme özellikleri ile öne çıkmıştır [3]. Yapılan çalışmalarda kullanılan kapasitif açısal pozisyon sensörlerinin yapısı gereği çıkış sinyalleri sinus ve kosinüs sinyalleri şeklinde oluşmaktadır. Bu sinyallerin sensörün rotor açısı ile bağdaştırılabilmesi için arktanjan işlemleri kullanılmaktadır. CORDIC algoritması bu lineer olmayan fonksiyonu hesaplarken kullanıma konulmuştur.

Zheng ve arkadaşları geliştirdikleri kapasitif enkoderin açı hesabında arktanjan fonksiyon sonucu hesaplamak için CORDIC algoritmasını tercih etmişlerdir [4]. Burada CORDIC algoritmasını paralel işlem yapan bir FPGA (alanda programlanabilir kapı dizisi) üzerinde uygulamışlardır.

Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı bir tasarımda olan kapasitif bir açısal pozisyon sensörü için arktanjan hesabında CORDIC algoritması uygulanmıştır. Diğer çalışmalarda kullanılan paralel işlem yapabilen bir birimden farklı olarak seri işlem yapan ARM tabanlı bir mikrodenetleyici kullanılmıştır. Ayrıca sensör çıkışındaki non-lineeritenin sebebi aranırken diğer araştırmacılar tarafından genellikle mekanik yapıdan kaynaklandığı vurgusunun yanında, ki hatalar çoğunlukla bundan kaynaklanmaktadır, arktanjan işleminin de bir non-lineerite getirdiği fark edilmiştir. CORDIC algoritması çıkışındaki non-lineerite ile bu fonksiyonlar kıyaslanmıştır. Böylece kapasitif sensörlerdeki uygulama maliyeti azaltılırken sensör performansının artırılması sağlanmıştır.

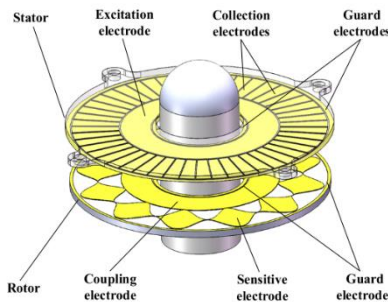
2. Materyal ve Metot

2.1. Kapasitif Açısal Pozisyon Sensörü

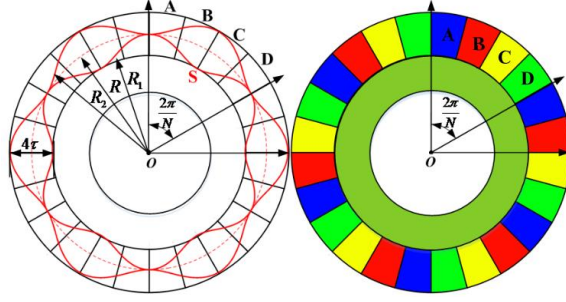
Kapasitif açısal pozisyon sensörleri basit bir kapasitörün oluşturulma mantığına dayanıp Denklem (1)'deki parametrelerden birinin kontrollü bir şekilde değiştirilmesiyle elde edilebilirler.

$$C = \epsilon \frac{A}{d}, \quad (1)$$

bu denklemde C plakalar arasında oluşan kapasitansı, ϵ dielektrik katsayısını, A plakaların birbirlerine bakan yüzey alanlarını ve d plakalar arası mesafeyi temsil eder. İletkenlerin keşişen alan değişimine bağlı kapasitans değişimine bir örnek olarak Şekil 1 ve 2 deki kapasitif sensörler gösterilebilir [5]. Bu kapasitif sensörlerin mekanik yapılarına ve girişlerine verilen sinyallerine bağlı olarak çıkışlarında sinüs ve kosinüs sinyalleri elde edilir. Bu sinyaller sensör açısının lineer bir grafiğe bağlı olarak elde edilmesini sağlayan arktanjan fonksiyonu hesaplanmasında girdi olarak kullanılır.



Şekil 1. Kapasitif sensör mekaniği [5]



Şekil 2. Kapasitif açı sensörü rotor ve statoru [5]

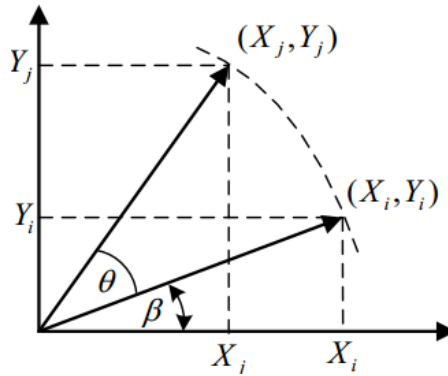
Arktanjanant fonksiyonu özellikle de düşük maliyetle çözülmesi gerek mikrodenetleyici sistemlerinde, mikrodenetleyicilerde FPU (floating point unit) olmadığı için hesaplaması zor bir fonksiyondur. Bu gibi durumlara çözüm olarak CORDIC algoritması kullanılarak sadece toplama, çıkarma ve bit kaydırma ile arktanjanant işlemi yapılabilir.

2.2. CORDIC Algoritması

CORDIC algoritması sadece toplama, çıkarma ve bit kaydırma operatörlerini kullanarak iteratif bir şekilde lineer olmayan fonksiyonların hesaplanmasında kullanılmaktadır. CORDIC algoritması Şekil 3'te gösterildiği gibi (X_i, Y_i) vektörünün θ açısı kadar döndürülmesi prensibine dayanır. Döndürme işlemi denklem 2 ve 3'teki gibi temsil edilmiştir [6].

$$X_j = R \cos(\theta + \beta) = X_i \cos(\theta) - Y_i \sin(\theta) \quad (2)$$

$$Y_j = R \sin(\theta + \beta) = X_i \sin(\theta) + Y_i \cos(\theta) \quad (3)$$



Şekil 3. CORDIC algoritması temel mantığı [4]

Eğer denklem yeniden düzenlenirse:

$$X_j = \cos(\theta) [X_i - Y_i \tan(\theta)], \quad (4)$$

$$Y_j = \cos(\theta) [X_i \tan(\theta) + Y_i]. \quad (5)$$

Dönüş açıları $\theta_n = \delta_n \arctan(2^{-n})$ şeklinde yazılabilir. Burada δ_n her eleman için dönüş yönünü belirlemektedir ve böylece tanjant ile çarpma terimi basit bir bit kaydırma işlemine dönüştürülmüş olur. Herhangi bir açı hesabı için denklemler Denklem (6) ve (7)'deki gibi iterative hale getirilmiştir.

$$X_{n+1} = \cos \theta_n [X_n - \delta_n 2^{-n} Y_n], \quad (6)$$

$$Y_{n+1} = \cos \theta_n [\delta_n 2^{-n} X_n + Y_n]. \quad (7)$$

İterasyon sayısı sonsuza giderken $\cos(\theta)$ terimi 0.607253 değerine oturmaktadır. $\cos(\theta)$ 'nın oturma değerinden yola çıkılarak son iteratif ifadeler için Denklem (8), (9) ve (10) kullanılmıştır.

$$X_{n+1} = X_n - \delta_n 2^{-n} Y_n, \quad (8)$$

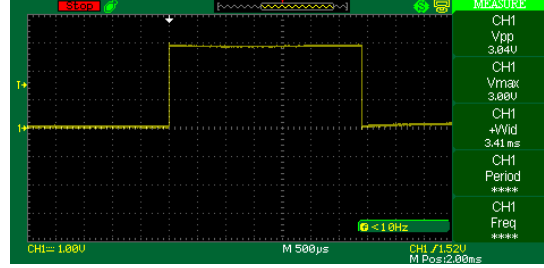
$$Y_{n+1} = \delta_n 2^{-n} X_n + Y_n, \quad (9)$$

$$Z_{n+1} = Z_n - \delta_n \theta_n. \quad (10)$$

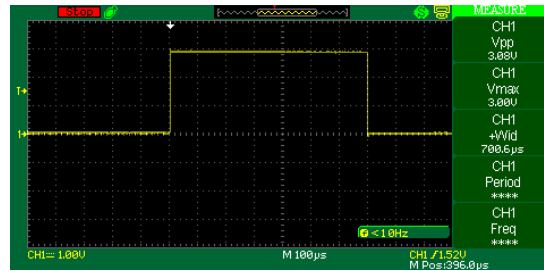
δ_n dönüş yönüne göre ± 1 alırken Z_n ifadesi her iterasyonda yapılan açıyı tutup toplamaktadır. Y_n ifadesi pozitifken $\delta_n = -1$, negatifken $\delta_n = +1$ değerini almaktadır. Y_n ifadesi 0 olduğunda algoritma sonlanmakta ve Z_n içerisinde tutulan sayı $\arctan(\frac{Y_0}{X_0})$ olmaktadır.

2.3. Uygulama Çıktıları

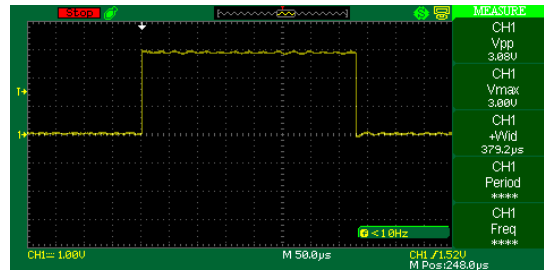
CORDIC algoritması STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisinde herhangi bir hazır kütüphane kullanılmadan yazılmış ve math.h kütüphanesi içindeki *atan2* ve *atan2f* fonksiyonları ile kıyaslanmıştır. Aşağıdaki şekillerde bu hazır fonksiyonlarla CORDIC algoritmasının işlem süreleri verilmiştir. *atan2* ve *atan2f* hazır fonksiyonların çalışma süreleri yaklaşık olarak sırasıyla 3.4 ms ve 700 μ s ölçülürken CORDIC algoritmasının çalışma süresi yaklaşık 380 μ s ölçülmüştür.



Şekil 4. *Atan2* fonksiyonun yaklaşık çalışma hızı 3.4 ms

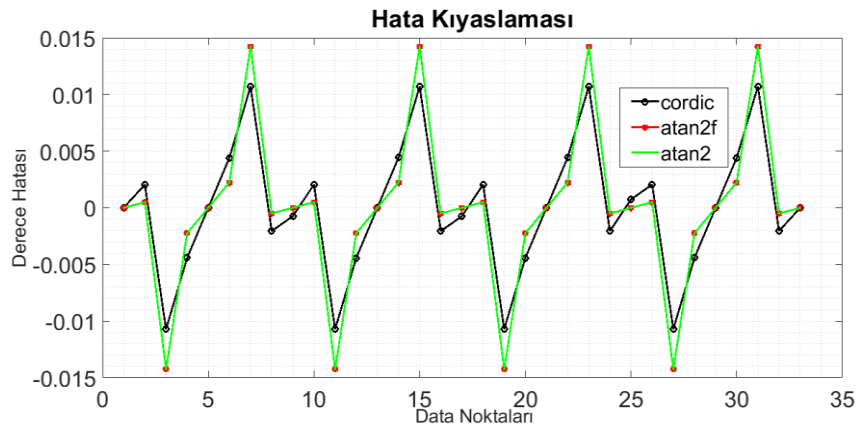


Şekil 5. *Atan2f* fonksiyonun yaklaşık çalışma hızı 700 μ s



Şekil 6. CORDIC algoritmasının yaklaşık çalışma hızı yaklaşık 380 μ s

Şekil 4, 5 ve 6'da gösterilen kıyaslama sonucunda CORDIC algoritmasının *atan2* fonksiyonundan yaklaşık 9 kat *atan2f* fonksiyonundan ise yaklaşık 2 kat hızlı çalıştığı gösterilmiştir. Bununla beraber CORDIC algoritmasının non-lineerite hatası hesaplanmış ve diğer fonksiyonlardan daha düşük olduğu Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Non-lineerite hata kıyaslaması

Açı hatalarının karelerinin ortalamalarının karekökü (RMSE) ise Tablo 1’de verilmiştir. Burada da CORDIC atan2 ve atan2f fonksiyonlarına göre daha iyi bir performans göstermiştir.

Tablo 1. Açı kare ortalamalarının karekökü (rmse)

CORDIC	ATAN2	ATAN2F
0.0058010	0.0071082	0.0071087

4. Sonuç

Bu çalışmada özgün tasarımı kapasitif bir açısız pozisyon sensöründe açı hesabı için kullanılan arktanjan fonksiyonu CORDIC algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen CORDIC algoritmasının çalışma hızı hazır kütüphane fonksiyonlarıyla kıyaslanmıştır. CORDIC algoritmasının diğer hazır fonksiyonlardan daha hızlı çözüm ürettiği görülmüştür.

Kapasitif rotary enkoderlerdeki hataların çoğu algılayıcı mekanizmadaki uyumsuzluklardan veya üretim hatalarından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmayla kapasitif enkoderler veya benzer algılayıcılardaki hataların mekanik kaynaklı olmasının yanında elektronik taraftaki doğrusal olmayan işlemlerin de hata getirebileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada mekanik kaynaklı olmayan bu hatalar, CORDIC algoritmasıyla daha düşük seviyelere çekilmiştir.

CORDIC algoritması FPU donanımının bulunmadığı temel mikroişlemcilerle gerçekleştirilen uygulamalar için hız ve düşük hata oranının yanında düşük maliyet için de değerlendirilmesi gereken ciddi bir alternatiftir.

Teşekkür

Bu çalışma “Kapasitif Rotary Enkoderler için Analog Anahtarlama Tabanlı Okuma Devresi” başlıklı TÜBİTAK tarafından 2210-D kapsamında 1649B021908049 burs başvuru numarasıyla desteklenen yüksek lisans tez çalışmasından bir bölümün derlenip detaylandırılmasıyla hazırlanmıştır.

Kaynakça

- [1] J. E. Volder, “The CORDIC trigonometric computing technique,” IRE Trans. Electron. Computers, vol. EC-8, pp. 330–334, Sept. 1959.
- [2] D. S. Cochran, “Algorithms and accuracy in the HP-35,” HewlettPackard J., pp. 1–11, Jun. 1972. G. Brasseur, “Design Rules for Robust Capacitive Sensors,” IEEE Trans.
- [3] D. Zheng, S. Zhang, S. Wang, C. Hu and X. Zhao, "A Capacitive Rotary Encoder Based on Quadrature Modulation and Demodulation," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 64, no. 1, pp. 143-153, Jan. 2015.
- [4] D. Zheng, S. Zhang, Y. Zhang, and C. Fan, “Application of CORDIC in capacitive rotary encoder signal demodulation,” in Proc. 8th IEEE Instrum. Control Technol. (ISICT), Jul. 2012, pp. 61–65.
- [5] B. Hou, Z. Tian, C. Li, Q. Wei, B. Zhou and R. Zhang, "A capacitive rotary encoder with a novel sensitive electrode," *2017 IEEE SENSORS*, Glasgow, 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICSENS.2017.8234143.
- [6] S. Ravichandran and V. Asari, "Implementation of unidirectional CORDIC algorithm using precomputed rotation bits," *The 2002 45th Midwest Symposium on Circuits and Systems, 2002. MWSCAS-2002.*, Tulsa, OK, USA, 2002, pp. III-III.



Automatic Target Recognition (ATR) from SAR Imaginary by Using Machine Learning Techniques

Umut Özkaya*¹

^{1*} Department of Electrical Electronics Engineering, Engineering Faculty, Konya Technical University, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-9244-0024)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802811)

ATIF/REFERENCE: Özkaya, U. (2020). Automatic Target Recognition (ATR) from SAR Imaginary by Using Machine Learning Techniques. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 165-169.

Abstract

Automatic Target Recognition (ATR) in Synthetic aperture radar (SAR) images becomes a very challenging problem owing to containing high level noise. In this study, a machine learning-based method is proposed to detect different moving and stationary targets using SAR images. First Order Statistical (FOS) features were obtained from Fast Fourier Transform (FFT), Discrete Cosine Transform (DCT) and Discrete Wavelet Transform (DWT) on gray level SAR images. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), Gray Level Run Length Matrix (GLRLM) and Gray Level Size Zone Matrix (GLSZM) algorithms are also used. These features are provided as input for the training and testing stage Support Vector Machine (SVM) model with Gaussian kernels. 4-fold cross-validations were implemented in performance evaluation. Obtained results showed that GLCM + SVM algorithm is the best model with 95.26% accuracy. This proposed method shows that moving and stationary targets in MSTAR database could be recognized with high performance.

Keywords: SAR, Target Recognition, Machine Learning, Feature Extraction, Support Vector Machine.

Makine Öğrenimi Tekniklerini Kullanarak SAR Görüntülemesinden Otomatik Hedef Tanıma (OHT)

Öz

Sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntülerinde Otomatik Hedef Tanıma (OHT), içerdiği yüksek seviyeli gürültü nedeniyle çözümü çok zor bir sorun haline gelmiştir. Bu çalışmada, SAR görüntülerini kullanarak farklı hareketli ve sabit hedefleri tespit etmek için makine öğrenmesine dayalı bir yöntem önerilmiştir. Birinci Derece İstatistik (BDİ) özellikleri, gri seviyedeki SAR görüntülerinde Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD), Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) uygulandıktan sonra elde edilmiştir. Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi (GSEOM), Gri Seviye Çalışma Uzunluğu Matrisi (GSÇUM) ve Gri Seviye Boyutu Bölge Matrisi (GSBBM) algoritmaları da özellik elde edilmesi için kullanılmaktadır. Bu özellikler, eğitim ve test aşaması için Gaussian çekirdeklere sahip Destek Vektör Makinesi (DVM) modeli için girdi olarak verilmiştir. Performans değerlendirmesinde 4 katlı çapraz doğrulama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, GSEOM + DVM algoritmasının % 95.26 doğrulukla en iyi model olduğunu göstermiştir. Önerilen bu yöntem, MSTAR veri tabanındaki hareketli ve sabit hedeflerin yüksek performansla tanınabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: SAR, Hedef Tanıma, Makine Öğrenmesi, Özellik Çıkarımı, Destek Vektör Makinesi

1. Introduction

Synthetic aperture radar (SAR) is a device to obtain images in full time and actively (Quan et al. 2018). SAR images are frequently used in reconnaissance, surveillance, target recognition and tracking for military application (Dong et al. 2017). In recent years, recognition and detection of targets in SAR images has been increased to study day by day. Target recognition in SAR images a challenging task owing to including high level noise. Automatic Target Recognition (ATR) process, which is planned to be performed on SAR images, has two stages. First of all, external factors, which are trees, cars, buildings, etc, reveal the false alarm situation. It is

necessary to be omitted these from images. In the second stage, it performs feature extraction and classification algorithms (O'Sullivan et al. 2001).

Template matching technique, one of the traditional methods, is inadequate in target detection. The main reason for this is that there are changes in targets on SAR images due to the noise level (Novak et al. 1993). In some studies, it has been tried to recognize the targets by obtaining local and global features (Jianxiong et al 2011). Dong et al. obtained sparse representations of SAR images and recognize targets with different classifiers (Dong et al. 2015). Pan et al. carried out a multiscale feature fusion by performing canonical correlation analysis of sparse matrices. The fused features were classified for target recognition in SAR images (Pan et al. 2016). Liu et al. obtained features from SAR images. These were evaluated from two different classifiers and classification results were fused (Liu et al. 2013).

ATR operation on SAR images is observed as an ongoing problem. Raw SAR images include serious challenges. Obtaining SAR images is one of the most important problem. It also contains a high amount of noise in SAR images. Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition (MSTAR) dataset is frequently used for ATR operations (Liu and Li, 2013). Novak et al. achieved 66.2% and 77.4% accuracy for 20-class and 10-class in the MSTAR data set respectively (Novak et al. 1998). Martone et al. used k-means clustering algorithm for detection of moving targets in forested land (Martone et al 2009). Gorovyi and Sharapov achieved an accuracy rate of 90.7% with SVM on the MSTAR data set (Gorovyi and Sharapov 2017).

In this study, MSTAR data set was used. SAR images with 150 degrees in the data set were used for both training and testing in classification algorithm. Two different strategies were followed for methodology. Fast Fourier Transform (FFT), Discrete Cosine Transform (DCT) and Discrete Wavelet Transform (DWT) were applied to gray level SAR images. First Order Statistical (FOS) features were obtained from these transformation matrices. These features were classified with Support Vector Machine algorithm with Gaussian Kernels. Another strategy is to use gray level feature extraction methods. These methods are respectively Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), Gray Level Run Length Matrix (GLRLM) and Gray Level Size Zone Matrix (GLSZM). The obtained features are processed in SVM with Gaussian kernels. This paper is organized as follows. Section 2 includes materials and methods. Section 3 presents findings and discussion. Section 4 is conclusion part.

2. Material and Method

2.1. Dataset Description

The data set used in the study was named as MSTAR. It was obtained by Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA) and the American Air Force Research Laboratory (AFRL) (Singleton 1968). SAR data were collected at different angles with the help of a radar operating in X band. In this study, analyses were performed on SAR images of 2S1, BRDM-2, BTR-60, D7, SLICY, T62, ZIL 131 and ZSU-23-4. Optical and SAR images of these classes are shown in Fig. 1.



Fig. 1 The examples of 2S1, BRDM-2, BTR-60, D7, SLICY, T62, ZIL 131 and ZSU-23-4 with optical and SAR images

2.2. Transformation Techniques

Discrete Fourier Transforms (DFT) converts a sequence in time space into an equivalent sequence in frequency space. FFT is a very efficient method based on DFT and requires much less computational load than DFT. FFT is widely used for frequency spectrum analysis in digital signal processing applications (Solomon and Breckon 2011). DCT is a common method in image compression. It is a method similar to DCT and it is a linear transformation. (Eltoukhy et al. 2012). DWT is a filter bank that separates the image into frequency sub-bands (Soh and Tsatsoulis 1999). Where horizontal details refer to horizontal high frequencies, vertical details to vertical high frequencies, diagonal details to high frequencies in both directions. The features were obtained by using LL, LH, HL and

HH coefficients from DWT. Six features were extracted from each coefficient as mean, variance, kurtosis, skewness, entropy and energy.

2.3. Transformation Techniques

GLCM is a feature set consisting of second order statistical features. GLCM is created by considering the relationships between the pixels of an image from different angles. Covariance matrices obtained from an image can be expressed as $P = [p(i,j|d, \Theta)]$. Where i . pixel frequency properties and j are used to evaluate frequency features of neighbouring pixels with reference to d distance and Θ direction. GLCM features can be defined as angular second moment, contrast, correlation, sum of squares of variance, inverse moment of difference, total mean, total variance, total entropy, entropy, difference of variance, entropy difference, correlation information criterion 1, correlation information criterion 2, autocorrelation, dissimilarity, cluster tone, cluster prominence, maximum probability, and inverse difference.

GLRLM is a method of extracting high level texture features. Where G represents the number of gray levels, R is the longest run W the number of pixels in the image. GLRLM matrix is in $G \times R$ dimension. Each $p(i,j|\theta)$ element gives the number of occurrences in the θ direction at the i gray level and j run length. Seven different statistical features are obtained as short run emphasis, long run emphasis, gray level irregularity, run length irregularity, running percentage, low gray level running emphasis and high gray level running emphasis. GLSZM is a feature extraction technique that has added two new features to GLCM method as size and density of a texture in the image (Thibault et al. 2013).

2.4. Support Vector Machine

SVM is a method of achieving high performance in many applications. SVM is based on two key views. . The first idea is to map high dimensional space in a nonlinear method. It makes using of class classifiers in this new space. The second view is to find appropriate hyperplane that separates the data by a large margin. This plane separates the data as well as possible between an infinite numbers of planes (Kulkarni et al. 2011).

2.5. Proposed Frameworks

This study includes two different strategies to classify SAR images. In the first strategy, some transformation techniques were applied on SAR images. Then, FOS features were extracted. The second strategy based on gray level features extraction. At last, SVM was performed on these features to classify for ATR. Proposed frameworks are given in Fig. 2.

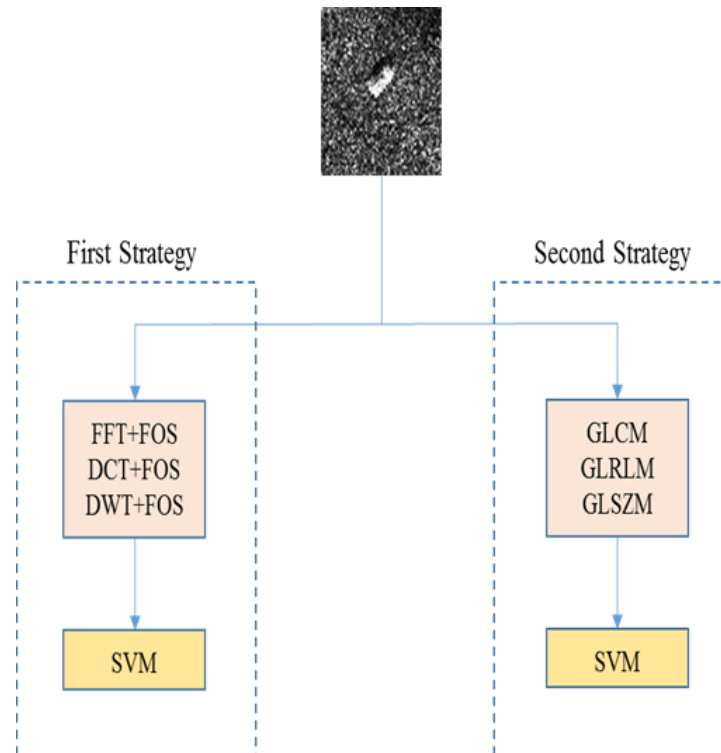


Fig. 2 Proposed Frameworks

3. Results and Discussion

In this study, transformation techniques and gray level feature extraction algorithms were used. Classification process was carried out with SVM, which is one of the machine learning methods. Training and testing of SVM classifier was carried out using SAR images in 15^0 degree from the MSTAR database. SAR image in 15^0 degree numbers for each class are given in Table 1.

Table 1. Number of SAR Images for Each Classes

Class	Number of Images
2S1	274
BRDM-2	274
BTR-60	195
D7	274
SLICY	274
T62	273
ZIL 131	274
ZSU-23-4	274
Total	2112

Six different classification metrics were used to evaluate the proposed feature extraction and performance of SVM model. These metrics are Accuracy (ACC), Precision (SEN), Specificity (SPE), F1-Score, Matthews Correlation Coefficient (MCC). They are given in Eq. 1-6.

$$Accuracy = (TP + TN) / (TP + FN + TN + FP) \tag{1}$$

$$Sensitivity = TP / (TP + FN) \tag{2}$$

$$Specificity = TN / (TN + FP) \tag{3}$$

$$Precision = TP / (TP + FP) \tag{4}$$

$$F1 - Score = (2 \times TP) / (2 \times TP + FN + FP) \tag{5}$$

$$MCC = \frac{TP \times TN - FP \times FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}} \tag{6}$$

Where TP is True Positive, TN is True Negative, FP is False Positive and FN is False Negative. Mean pf metric performances and standard deviations of the proposed methods are given in Table 2.

Table 2. Performance of Proposed Frameworks

Methods	Evaluation Metrics (%)					
	SEN	SPE	ACC	PRE	F1-Score	MCC
FOS+SVM	74.41±0.72	96.64±0.10	76.60±0.71	75.77±1.31	73.16±0.95	70.97±0.82
FFT+FOS+SVM	73.33±1.44	96.31±0.22	74.24±1.59	74.16±2.05	73.21±1.64	69.86±1.89
DCT+FOS+SVM	69.36±0.95	95.85±0.14	71.02±1.01	69.99±0.74	68.87±0.93	65.25±1.02
DWT+FOS+SVM	50.87±1.88	93.13±0.25	52.13±1.75	53.52±2.29	49.83±2.00	44.64±2.25
GLCM+SVM	95.02±1.34	99.32±0.16	95.26±1.14	95.08±1.14	95.00±1.26	94.36±1.41
GLRLM+SVM	66.05±1.34	95.27±0.18	67.04±1.26	67.32±1.32	65.69±1.46	61.62±1.54
GLSZM+SVM	88.74±1.64	98.43±0.26	89.06±1.84	89.11±1.66	88.72±1.94	87.30±1.54

All metrics were computed in means and standard deviation. In Table 2, GLCM + SVM algorithm achieved the highest performance with 95.02 ± 1.34% SEN, 99.32 ± 0.16% SPE, 95.26 ± 1.14% ACC, 95.08 ± 1.14% PRE, 95.00 ± 1.26% F1-Score and 94.36 ± 1.41% MCC. The lowest performance belongs to the DWT + FOS + SVM model. The performance of this model is 50.87 ± 1.88% SEN, 93.13 ± 0.25% SPE, 52.13 ± 1.75% ACC, 53.52 ± 2.29% PRE, 49.83 ± 2.00% F1-Score and 44.64 ± 2.25% MCC. Table 3 consists of GLCM+SVM metric performance for each folds.

Table 3. GLCM+SVM Performance for Each Fold

Evaluation Metrics (%)	4-fold Cross Validation			
	Fold 1	Fold 2	Fold 3	Fold 4
SEN	93.01	95.68	95.50	95.87
SPE	99.08	99.40	99.37	99.43
ACC	93.56	95.83	95.64	96.02
PRE	93.37	95.59	95.57	95.79
F1-Score	93.10	95.60	95.52	95.78
MCC	92.25	95.03	94.91	95.25

Table 3 shows the cross validation performance of GLCM+SVM framework. It is seen that the highest performance is obtained Fold 4 using as validation. These metric values are observed as 95.87% SEN, 99.43% SPE, 96.02% ACC, 95.79% PRE, 95.78% F1-Score and 95.25% MCC. The lowest performance belongs to Fold 1 data for validation is with 93.01% SEN, 99.08% SPE, 93.56% ACC, 93.37% PRE, 93.10% F1-Score and 92.25% MCC.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, ATR framework from SAR images based on machine learning methods was proposed. SVM algorithm with Gaussian kernels is used after obtaining features with two different strategies from gray level SAR images. It can be seen that GLCM+SVM model is quite successful. It is obvious that gray level features extraction methods show higher performance compared to transformation and FOS features performed on the MSTAR dataset. In the scope of proposed framework, it has been proven that moving or stationary targets in SAR images can be detected successfully.

References

- Dong, G., Kuang, G., Wang, N., Zhao, L., & Lu, J. (2015). SAR target recognition via joint sparse representation of monogenic signal. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(7), 3316-3328.
- Dong, G., Kuang, G., Wang, N., & Wang, W. (2017). Classification via sparse representation of steerable wavelet frames on Grassmann manifold: Application to target recognition in SAR image. *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(6), 2892-2904.
- Eltoukhy, M. M., Faye, I., & Samir, B. B. (2012). A statistical based feature extraction method for breast cancer diagnosis in digital mammogram using multiresolution representation. *Computers in biology and medicine*, 42(1), 123-128.
- Gorovyi, I. M., & Sharapov, D. S. (2017, June). Efficient object classification and recognition in SAR imagery. In *2017 18th International Radar Symposium (IRS)* (pp. 1-7). IEEE.
- Jianxiong, Z., Zhiguang, S., Xiao, C., & Qiang, F. (2011). Automatic target recognition of SAR images based on global scattering center model. *IEEE transactions on Geoscience and remote sensing*, 49(10), 3713-3729.
- Kulkarni, S. R., & Harman, G. (2011). Statistical learning theory: a tutorial. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 3(6), 543-556.
- Liu, H., & Li, S. (2013). Decision fusion of sparse representation and support vector machine for SAR image target recognition. *Neurocomputing*, 113, 97-104.
- Martone, A., Innocenti, R., & Ranney, K. (2009). *Moving target indication for transparent urban structures*. US Army Research Laboratory Adelphi United States.
- Novak, L. M., Owirka, G. J., & Netishen, C. M. (1993). Performance of a high-resolution polarimetric SAR automatic target recognition system. *Lincoln Laboratory Journal*, 6(1).
- Novak, L. M., Owirka, G. J., & Brower, W. S. (1998, November). An efficient multi-target SAR ATR algorithm. In *Conference Record of Thirty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (Cat. No. 98CH36284)* (Vol. 1, pp. 3-13). IEEE.
- Pan, Z., Qiu, X., Huang, Z., & Lei, B. (2016). Airplane recognition in TerraSAR-X images via scatter cluster extraction and reweighted sparse representation. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(1), 112-116.
- O'Sullivan, J. A., DeVore, M. D., Kedia, V., & Miller, M. I. (2001). SAR ATR performance using a conditionally Gaussian model. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 37(1), 91-108.
- Quan, S., Xiong, B., Xiang, D., & Kuang, G. (2018). Derivation of the orientation parameters in built-up areas: With application to model-based decomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(8), 4714-4730.
- Singleton, R. C. (1968). Algorithms: Algorithm 338: algol procedures for the fast Fourier transform. *Communications of the ACM*, 11(11), 773-776.
- Soh, L. K., & Tsatsoulis, C. (1999). Texture analysis of SAR sea ice imagery using gray level co-occurrence matrices. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 37(2), 780-795.
- Solomon, C., & Breckon, T. (2011). *Fundamentals of Digital Image Processing: A practical approach with examples in Matlab*. John Wiley & Sons.
- Thibault, G., Fertil, B., Navarro, C., Pereira, S., Cau, P., Levy, N., ... & Mari, J. L. (2013). Shape and texture indexes application to cell nuclei classification. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 27(01), 1357002.



Numerical Analysis of an Electromagnetic Plunger

Önder Sönmez^{1*}, Onur Karaman²

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-00003-3356-5334)

² Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3672-1865)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803129)

ATIF/REFERENCE: Sönmez, O. & Karaman, O. (2020). Numerical Analysis of an Electromagnetic Plunger. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 170-175.

Abstract

A linear electromagnetic plunger device generates linear force in the direction of the motion of the plunger. One of the essential components of the system is the core. The core is wound by conductor wires and the wires are energized by a power source. In this way the core windings produce magnetic flux by the help of the currents carried through the conductor wires. The generated magnetic flux navigates through the core component to the pertinent direction. By this way the directed magnetic flux generates motion on the plunger. This mechanism has wide application fields in automotive industry and machinery especially for areas commonly requiring a controlled actuator motion. There is limited range of opportunities to illustrate physical phenomena related to electromagnetics. Particularly in electromagnetics, it is so useful to use computational methods for illustrating phenomena about electromechanical conversion calculations of force in a magnetic circuit. For this purpose, it is practical to make use of a software such as EMWorks. Via EMWorks software, force in a magnetic circuit and current density distribution can be calculated and the results of numerical results can be presented in an automated manner. The mechanism of the plunger system involves electric energy conversion into magnetic force energy. The overall workflow is nothing but an electromagnetic energy conversion. One of the essential advantages of an electromagnetic plunger is that it can easily be controlled by an electric control and the response time of the plunger system is quite applicable for industrial applications. In this study, the main goal is to obtain magnetic flux density distribution yielding a generated force. Using the force generation calculation, the decision of the magnitude of current required can be obtained. Which amount of electric current will result in how much force generation on the plunger, is the aim of this study. The EMWorks simulation software is used in this study to perform the electromagnetic simulations.

Key Words: C-Shaped Core, Electromagnetic Force, Plunger.

Elektromanyetik Bir İtçinin Sayısal Analizi

Öz

Doğrusal bir elektromanyetik itici cihazı, pistonun hareket yönünde doğrusal bir kuvvet üretir. Sistemin temel bileşenlerinden biri nüvedir. Nüve, iletken tellerle sarılır ve tellere bir güç kaynağı tarafından enerji verilir. Bu şekilde nüvedeki sargılar, iletken teller aracılığıyla taşınan akımlar yardımıyla manyetik akı üretir. Üretilen manyetik akı, nüve bileşeni boyunca ilgili yöne doğru ilerler. Bu şekilde yönlendirilmiş manyetik akı, piston üzerinde hareket üretir. Bu mekanizma, otomotiv endüstrisinde ve özellikle kontrollü bir tahrik hareketi gerektiren alanlar için makinelerde geniş uygulama alanlarına sahiptir. Elektromanyetik ile ilgili fiziksel olayları açıklamak için sınırlı sayıda fırsat vardır. Özellikle elektromanyetikte, manyetik bir devrede elektromekanik dönüşüm hesaplamaları hakkındaki olguyu açıklamak için hesaplama yöntemlerini kullanmak çok faydalıdır. Bu amaçla EMWorks gibi yazılımlardan yararlanmak pratiktir. EMWorks yazılımı aracılığıyla, bir manyetik devredeki kuvvet ve akım yoğunluğu dağılımı hesaplanabilir ve sayısal sonuçların sonuçları otomatik bir şekilde sunulabilir. Pistonlu sistemin mekanizması, elektrik enerjisinin manyetik kuvvet enerjisine dönüştürülmesini içerir. Genel iş akışı, basitçe bir elektromanyetik enerji dönüşümüdür. Elektromanyetik bir pistonun temel avantajlarından biri, bir elektrik kontrolüyle kolayca kontrol edilebilmesi ve piston sisteminin tepki süresinin endüstriyel uygulamalar için oldukça uygulanabilir olmasıdır. Bu çalışmada, temel amaç, istenen kuvveti üretebilen manyetik akı yoğunluğu dağılımını elde etmektir. Kuvvet üretimi hesaplamaları kullanılarak, gerekli akımın büyüklüğüne karar verilebilir. Bu çalışmanın amacı, piston üzerinde istenen kuvvet oluşumuna neden olacak elektrik akımının hesaplamaktır. EMWorks simülasyon yazılımı yardımıyla bu çalışmada elektromanyetik simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

Key Words: C-tipi Nüve, Elektromanyetik Kuvvet, Elektromanyetik İtici.

* Önder Sönmez: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-00003-3356-5334, ondermetu@gmail.com

1. Introduction

An electromagnetic plunger system consists of a core segment with wire winding, electrical power source and a plunger (Song & Lee, 2015). The system is a type of linear actuators, in fact generally called linear solenoid actuators. These actuator types are so widely used and mostly known since this century (Boldea & Nasar, 1999). Among the electromagnetic appliances, development of the electromagnetic linear actuators gave rise to its research and development field, which resulted in a product with more fast response (Theobald et al, 1994). The need to control the motion linearly required more and more electrical control technologies, and after 1960, this need was met by the development of power electronics, the historical evolving of the linear electromagnetic devices is provided in the literature. The linear actuators are namely used in; automatic kitchen appliances, door locks, electrical switching, energy harvesting applications using back and forth motion and etc. The superior features of these versatile devices are because they do not cost much, consume little energy, bring ease at tracking the position (Boldea et al, 2017; Guckel et al, 1996). A generic layout view of these devices is shown on figure 1.

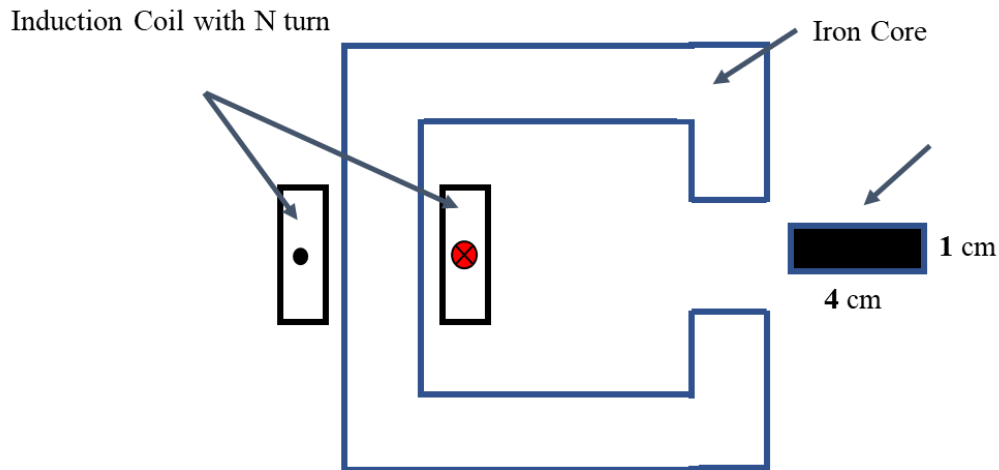


Figure 1. A generic type of linear actuator

While the actuator system throws off the plunger an abrupt back attracting move follows. This back move is damped by an absorber system, which provides a stable performance for the plunging action. This complex series of motions are numerically very complicated to solve, due to the sequential moves of actuator and plunger system resulting in magnetic energy storage (Nogueira, Analysis of magnetic force production in slider actuators combining analytical and finite element methods, 2011). The net force attracting the plunger stems from the leakage magnetic field. The effective action takes place in horizontal direction initially, because the vertical components of the magnetic forces cancel each other.

For the system to perform efficiently the wires have to be highly conductive for electrical losses reasons, however this results in joule heating on the conductors. This brings an optimization problem due to the waste heat.

In this study, the purpose is to model a electromagnetic plunger system with a C-Shaped core and determine the coil current to generate force on the plunger using 2-D electromagnetic simulation. Since the electromagnetic simulation was 2-D, the geometric model generated in two dimensions, and geometric modelling is done in SOLIDWORKS CAD (computer aided design) environment. The simulation software is add-in type and compatible with SOLIDWORKS. The force calculation was done by using virtual work method. The flux density, force and work calculation were done by changing the relative position of the plunger by incrementing the displacement in the CAD software environment.

2. Material and Method

In this section, the parameters, the physics and model used in the simulation is given. The finite element model and mesh settings is illustrated.

2.1. Physics and Model

The geometry was meshed with tetrahedral elements within the range varying from 1.1 mm to 7.55 mm. The regions where the flux is changing rapidly, relatively finer meshes were preferred. This was due to make the calculation to capture the rapid changing magnetic flux details. The air gap region and the coil domain require finer mesh for the aforementioned reason. The generated mesh is shown in figure 2.

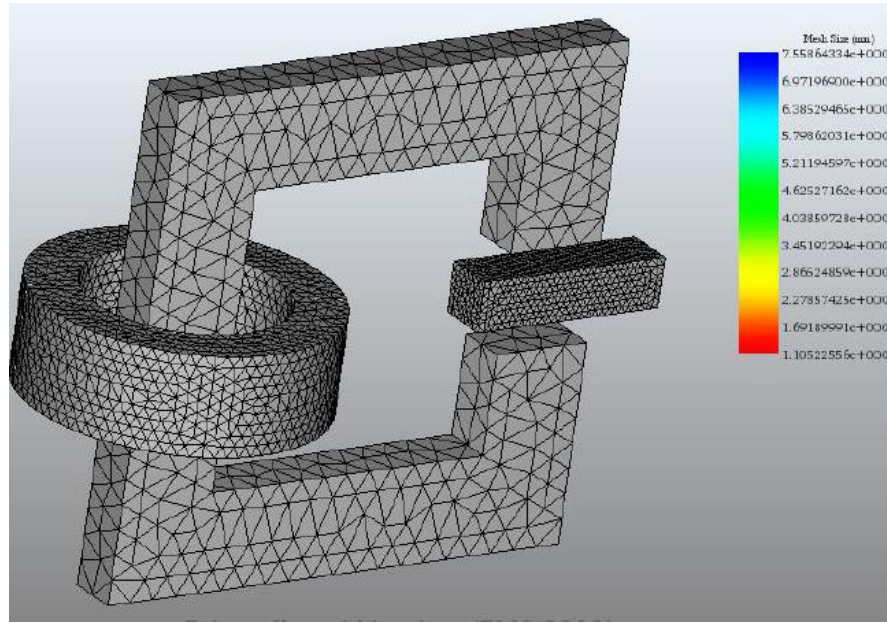


Figure 2. Mesh generation

The magnetic circuit has a moving part (plunger), a stationary part C-shaped core and an excitation coil. The plunger is made of cast iron and its cross-section area is 100 mm^2 . The C-shaped core material is cast iron and the air gap distance is 20 mm.

Table 1. The material properties in the simulation setup

Material	Conductivity [Mho/m]	Relative permeability
Copper Windings	57×10^6	1
C-Shaped Core	1.1×10^6	1000
Air	0	1

The excitation coil is driven by 3.2 Ampere. The coil is defined as wound coil and its entry and exit port faces are set on the plane of symmetry. The 3D view of the components and the geometric model dimensions are shown in figure 3.

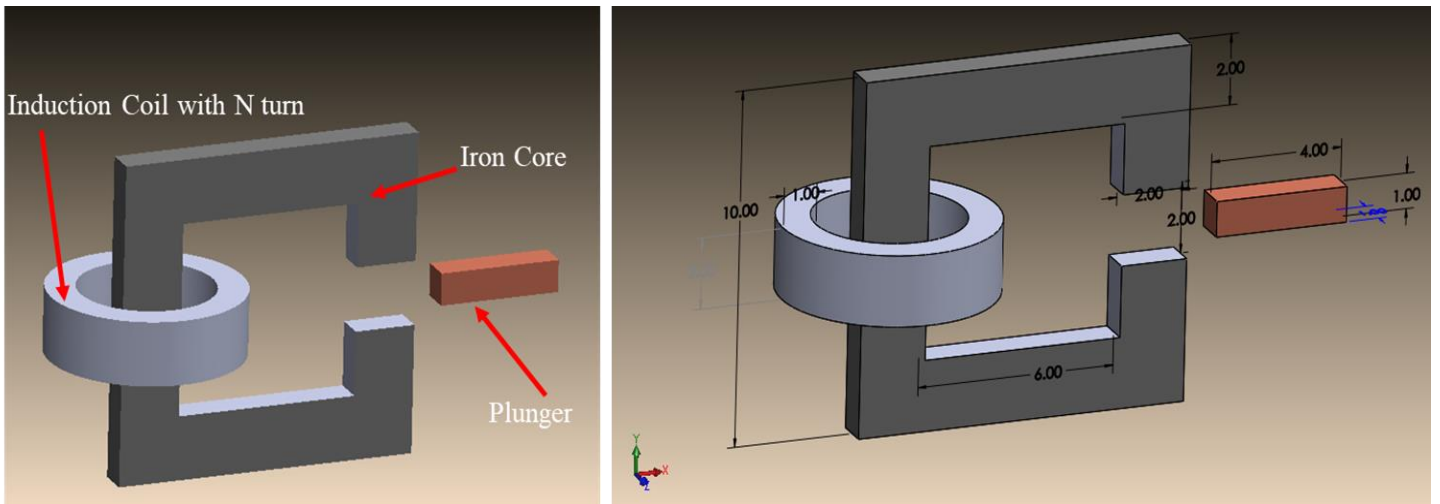


Figure 3. 3D view of the linear actuator system geometry

To make the force calculations there are 3 methods widely known; Maxwell stress tensor, weighted Maxwell stress tensor and work method. The weighted Maxwell stress tensor method is recognized as very robust calculation method and its mathematical description is found in the literature (McFee et al, 1988; Nogueira, Computation of forces using mean and difference potentials, 2009) However, since this method requires quite computational power and takes relatively long time calculations, in this work the virtual work method is preferred. In the virtual work method, there is an approximation that assumes magnetic field changes linearly and system's coenergy is taken as magnetic energy stored in the system (Benhama et al, 2000; Melkebeek & Vandeveldel, 2001).

In the finite element model, material properties were assumed linear. The force calculations, the location of the plunger selected with several increments in the x-direction from its initial position and the analyses were run sequentially. The force, magnetic flux and energy results are given in the research and results section.

3. Research Results and Discussion

In this section, each type of results are given in the related section. The magnetic flux results are in section 3.1 and the energy and force results are provided in section 3.2.

3.1. Results of Magnetic Flux Density

The force simulations were performed consecutively by varying the values of plunger distance from the outer edge of core body ranging from -30 mm to +30 mm with several increments. To capture the force profile, the more the number of instances is simulated, the more accurate the outcome of the force estimation will be. Solidworks geometric model of the circuit were created accordingly.

The magnetic flux Density contours are shown in figure 4.

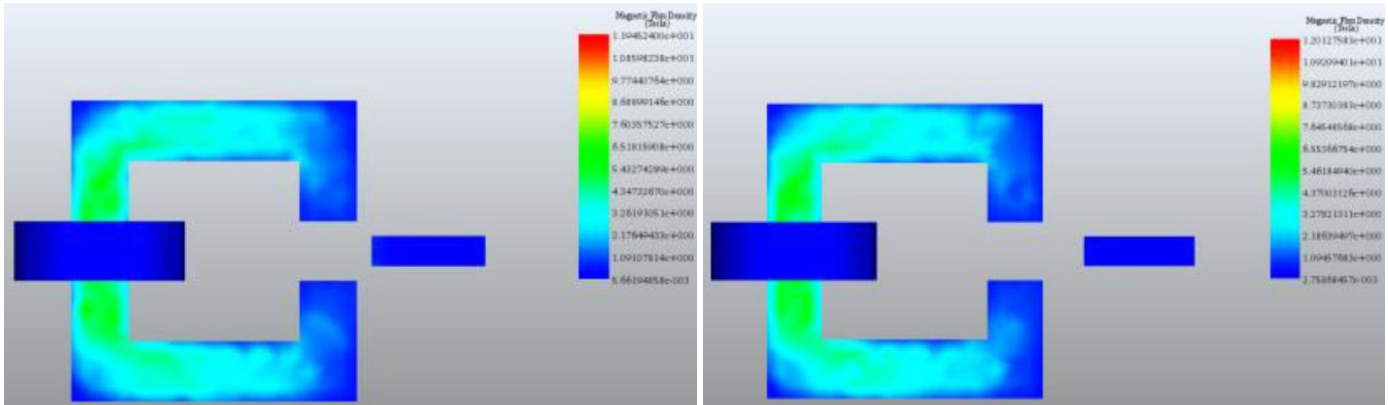


Figure 4. Magnetic Flux Density (Tesla) Plunger positions: 5 mm & 15 mm

The geometric model of the circuit was parametrized relating the plunger position, and simulated again. The subsequent results are shown in figure 5.

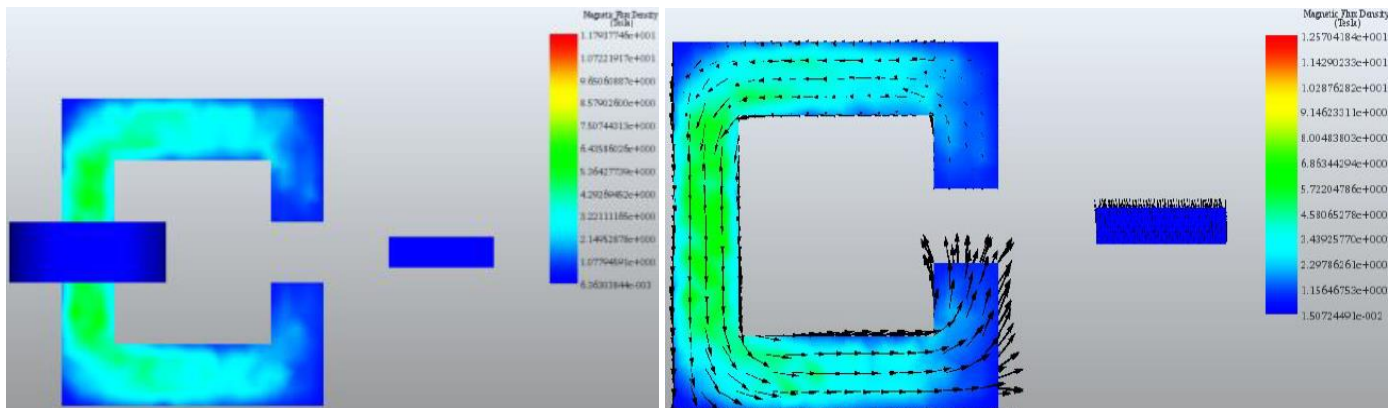


Figure 5. Magnetic Flux Density (Tesla) Plunger positions: 25 mm & 30 mm

For the subsequent case, the opposite positions (with respect to the front edge of the core window) were simulated. The geometric model of the circuit was parametrized with opposite plunger positions, and simulated again. The subsequent results are shown in figure 6.

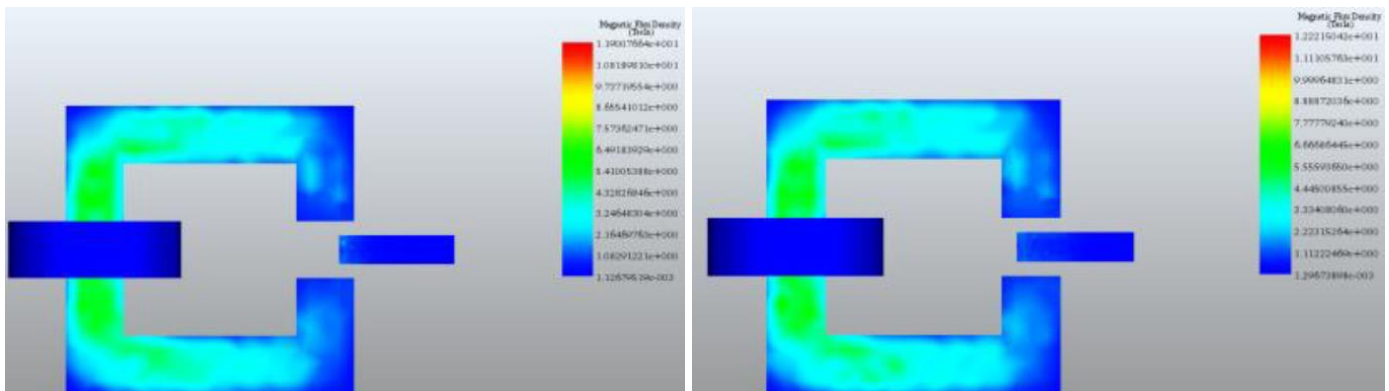


Figure 6. Magnetic Flux Density (Tesla) Plunger positions: -5 mm & -15 mm

For the last case, the opposite position with 30 mm distance was simulated. The geometric model of the circuit was parametrized with opposite plunger position, and simulated. The subsequent results are shown in figure 7.

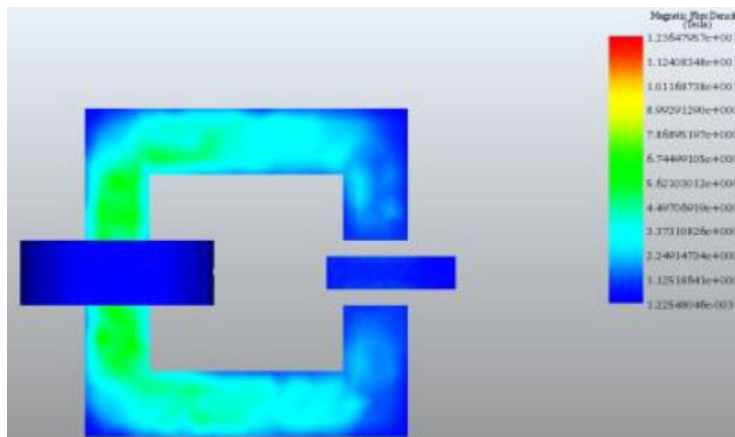


Figure 7. Magnetic Flux Density (Tesla) Plunger position: -30mm

From +30 mm position of the plunger to its final position, the core initially started to attract the plunger, however, when the plunger arrived at its final position it was attracted back to the direction of its initial location. This motion of the plunger is referred as oscillatory motion and the main advantage of this type of motion is maintaining a repeated motion. The excitation coil was driven by current of magnitude 3.2 Ampere. This amount of ampere is easily accessed by a current generator. Requiring this little amount of current is a big advantage for his kind of devices especially for the sake of energy consumption. The weight of the device strongly dependant on the power consumption and hence the power supply, especially if the device is designed for handheld purpose.

3.2. Results of Force and Energy

The force calculation was made at the position of 30 mm, and the corresponding co-energy was calculated at the same location. The intended final distance of the plunger was estimated in the above procedure. The force and coenergy results are shown in figure 8.

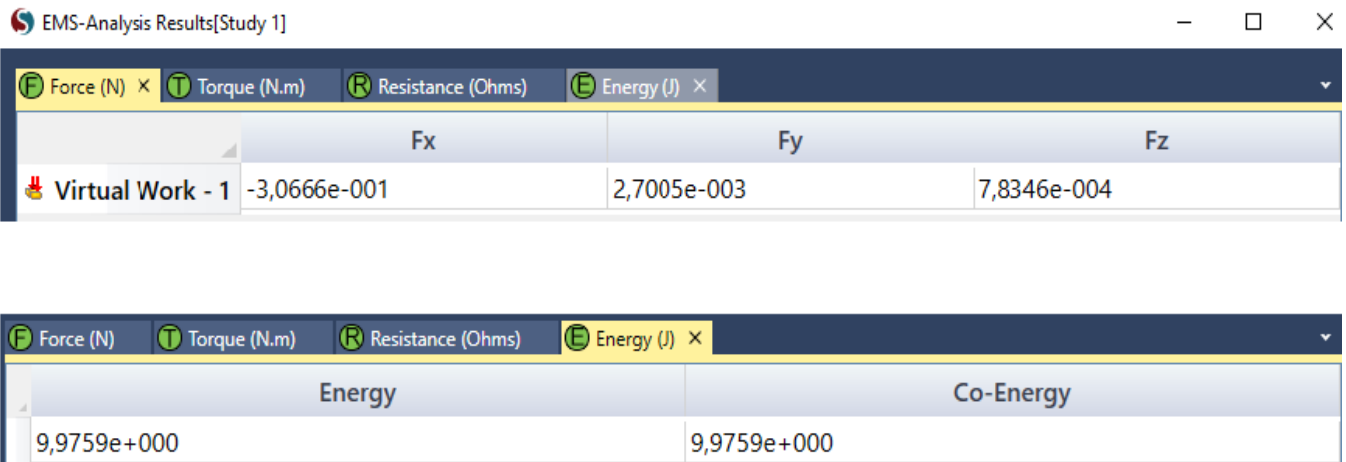


Figure 8. Magnetic Flux Density (Tesla) & Energy, Plunger position: -30mm

The EMWorks simulations were done using virtual work method. This method was performed in magnetostatic type analysis. The results were rapidly obtained by the help of the method. The EMWorks simulation programme calculated the force generation as 1,2413 N. The numerical value of the force is negative because of the direction of the motion. The direction of the force is towards the core and so is the direction of the motion.

4. Conclusion

For force calculation, virtual work method is selected for computational cost reasons. The method requires multiple simulations at various positions of the plunger to obtain a force profile. By obtaining the sequential force results, the force vs position graph can be plotted and the average can be calculated.

In the sequential simulations, it can be interpreted that the c-shaped core attracts the plunger and the plunger slides towards the actuator window. By the help of the electromagnetic simulation software, the movement of the plunger can be demonstrated and one can give plausible decisions related to the problem specifications. The excitation coil was driven by 3.2 Ampere and the force output was obtained.

Making use of virtual work method EMWorks results gave force calculations as 1,2413 N in –x direction. It is also possible to obtain the force result by using

$$\text{Virtual Work Difference} = \text{Average_Force} * \text{Distance}$$

Thanks to the electromagnetic simulation software that enables having an illustration of phenomena of electromechanical energy conversion with calculation results of force in a magnetic circuit. It is concluded that the software is useful for illustration of electromagnetic phenomena not only in related physics lectures but also electromagnetic engineering problems.

References

- Benhama et al. (2000). A Virtual work approach to the computation of magnetic force distribution from finite element field solutions. *IEE Proceedings-Electric Power Applications*, 147(6), 437-442.
- Boldea & Nasar. (1999). Linear electric actuators and generators. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 14(3), 712-717.
- Boldea et al. (2017). Linear electric machines, drives, and MAGLEVs: an overview. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 7504-7515.
- Guckel et al. (1996). Electromagnetic linear actuators with inductive position sensing. *Sensors and Actuators A: Physical*, 386-391.
- McFee et al. (1988). A tunable volume integration formulation for force calculation in finite-element based computational magnetostatics. *IEEE Transactions on Magnetics*, 24, 439-442.
- Melkebeek & Vandeveldel . (2001). A survey of magnetic force distributions based on different magnetization models and on the virtual work principle. *IEEE Transactions on Magnetics*, 3405-3409.
- Nogueira. (2009). Computation of forces using mean and difference potentials. *Proc. of the 17th Conference on the Computation of Electromagnetic Fields*.
- Nogueira. (2011). Analysis of magnetic force production in slider actuators combining analytical and finite element methods. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, 10(1), 243-250.
- Song & Lee. (2015). Design of a solenoid actuator with a magnetic plunger for miniaturized segment robots. *Applied sciences*, 595-607.
- Theobald et al. (1994). Control of engine load via electromagnetic valve actuators. *Record of SAE International*, 1323-1334.



Sportif Faaliyetlerde Kullanılmak Üzere Bir Uzman Sistem Tasarımı

Serkan Örucü^{1*}, Murat Selek²

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Ermenek Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9905-2908)

² Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8642-1823)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802127)

ATIF/REFERENCE: Örucü, S. & Selek, M. (2020). Sportif Faaliyetlerde Kullanılmak Üzere Bir Uzman Sistem Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 176-183.

Öz

Vücut geliştirme gibi izotonik hareketlerin yapıldığı sporlarda ve rehabilitasyon süreçlerinde, antrenmanların eşzamanlı izlenmesi, yanlış yapılan hareketlerin anında düzeltilebilmesi antrenman yeterliliği ve veriminin belirlenebilmesi bireylerin yaralanma risklerinden uzak ve sağlıklı antrenman yapabilmeleri açısından hayati önem taşımaktadır. Çalışmamızda, bu amaca yönelik hareket modeline dayalı kural tabanlı bir Uzman Sistem (ES) tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, antrenör üzerinden elde edilen LR (Lateral Raise) antrenmanı verileri aracılığıyla, DTW metodu ile karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Test sonuçlarında, tasarladığımız ES'in aldığı kararların DTW metodundan elde edilen kararlar ile karşılaştırmasında %64 oranında doğrulukla, daha yüksek oranda doğruluğa sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Antrenman Doğruluğu, DTW, Hareket Modeli, İnsan-Makine Etkileşimi, Uzman Sistem.

An Expert System Design for Use in Sports Activities

Abstract

In sports and rehabilitation processes where isotonic movements such as bodybuilding are performed, it is vital to monitor the training simultaneously, correct the wrong movements, and determine the training adequacy and efficiency, so that individuals can do healthy training without risk of injury. For this purpose, in our study, a rule-based Expert System (ES) based on the motion model was designed. The designed system was tested comparatively with the DTW method via the LR (Lateral Raise) training data obtained from the coach. In the test results, it was seen that the decisions we made by the ES had a 64% higher accuracy in comparison with the decisions obtained from the DTW method.

Keywords: DTW, Expert System, Human-Machine Interaction, Motion Model, Training Accuracy.

1. Giriş

Antrenman süreçlerinde yapılan hareketlerin eş zamanlı izlenmesi ve doğruluğunun tespiti biyomedikal, insan-makine etkileşimi, kinesiyojoloji, spor, rehabilitasyon vb. gibi çoğu bilim dalında dikkat çeken bir konudur. Bu süreçlerin eşzamanlı izlenmesi, sporcuların sağlıklı antrenman yapması için bir gerekliliktir. Böylece, harekete ilişkin motor beceriler gelişinceye kadar sporcunun yaralanma riski olmadan etkili antrenman yapması sağlanır (Appelbaum & Erickson, 2018; Harris, Wilson, & Vine, 2018). Bu amaçla çalışmamızda hareket modeline dayalı kural tabanlı bir uzman sistem tasarlanarak antrenman doğruluğunu belirlemede en çok kullanılan yöntemlerden olan DTW (Dinamik Zaman Bükme) yöntemiyle (Su, 2016), antrenör verileri üzerinden karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

¹ Serkan ÖRÜCÜ: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Ermenek Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Karaman, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9905-2908, srknorucu@kmu.edu.tr

2.1. Kinect V2 ile Eklem Açılı

Çalışmalarımızda, saniyede 30 kare çekim yapabilen bir RGB kamera (1920 × 1080 piksel), bir derinlik sensörü (512 x 424 piksel) ve bir mikrofondan oluşan Kinect V2 kullanılmıştır. Kinect V2 içerisinde yer alan derinlik sensörünün çalışması, karşısında bulunan nesneye IR (Kızılötesi) ışınlar gönderip cisimden yansıyan ışınların gitme ve yansıyıp geri gelme süresini ölçerek 3D derinliği algılama prensibine göre çalışır (Clark, Mentiplay, Hough, & Pua, 2019; Konstantinidis, Bamparopoulos, & Bamidis, 2017). 3D derinlik bilgisi, Kinect V2 tarafından sunulurken, kullanıcının eklem noktalarını takip etmek amacıyla gerekli hesaplamaların yapılabilmesine imkân sağlar (Naemabadi, Dinesen, Andersen, & Hansen, 2019). Buradan elde edilen veriler, Şekil 1'de gösterildiği üzere eklemlerin 3D konumlarını vektörlerle ifade etmek için kullanılmıştır.



Şekil 1. Açılara dair örnek bir resim

Kinect V2'den elde edilen her bir derinlik verisi çerçevesinde bulunan herhangi bir pikselin derinliği üçgenleme prensibine göre üç boyutlu koordinatlara (1)'de gösterildiği gibi dönüştürülebilir. Bu sayede sensörden elde edilen bilgilerle, her hangi bir eklemin 3D koordinatının hesaplanabilmesine olanak sağlar.

$$\begin{aligned} X &= \frac{(x_p - p_h / 2) - \tan(\theta_h / 2)}{p_h / 2} * z_p \\ Y &= \frac{(p_p - y_p) - \tan(\theta_v / 2)}{p_v / 2} * z_p \\ Z &= z_p \end{aligned} \quad (1)$$

(1)'de "xp" derinlik görüntüsündeki bir pikselin yatay koordinatını, "yp" derinlik görüntüsündeki bir pikselin dikey koordinatını, "zp" bu koordinatlardaki pikselin derinlik değerini, "ph", yatay yönün toplam piksel sayısını, "pv", dikey yönün toplam piksel sayısını, "θh" IR kameranın yatay görüş açısını ve "θv" IR kameranın dikey görüş açısını ifade etmektedir. 3.1'e bağlı olarak eklemlerin R3'deki koordinatları hesaplandıktan sonra, eklemler için vektörler oluşturulmuş ve Dot product denilen çarpım işlemi gerçekleştirilmiştir.

Matematiksel olarak, Dot Product iki vektörü bir değer olarak alan ve sonuç olarak skaler değere döndüren süreçtir. Şekil 1'de gösterilen örnek üzerinden açıklarsak, el bileği - dirsek arasında oluşan sıfırdan farklı A ve dirsek - omuz arasında oluşan sıfırdan farklı B vektörleri $\vec{A} = \langle A_1, A_2, A_3, \dots, A_N \rangle$ ve $\vec{B} = \langle B_1, B_2, B_3, \dots, B_N \rangle$ olarak tanımlanan iki vektör olmak üzere Dot product (2)'de gösterilmiştir.

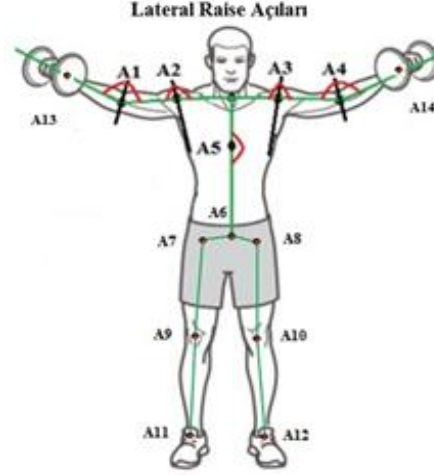
$$A * B = \sum_{i=1}^n A_i * B_i \quad (2)$$

2.2. Hareket Modeli Tasarımı

Antrenman esnasında elde edilen verilerin işlenmesinde kullanılan yöntemler genellikle poz ve hareket benzerliği üzerine yoğunlaşmıştır. En doğru hareketi elde etmede uzman pozlarına başvurulmakta, ancak bunlarda da salon ortamındaki farklı ağırlıklarda, ya uzmanlar arasında hareket farklılıkları yâda bir kere yapılan hareketin bir daha birbir aynı yapılamaması durumu ortaya çıkmaktadır (Bailey, 2017). Bununla birlikte, antrenman hareketlerini yaparken hareket son formuna ulaşıncaya kadar olan süreçte sakatlanma yaşanabilmektedir (Reeves, Laskowski, & Smith, 1998). Bu yüzden değerlendirmede kullanılan antrenman

hareketlerini elde ederken dikkat edilmesi gereken esas husus, elde edilen poz ya da hareketin başlangıcından bitişine kadar olan sürecin sakatlıklara yol açmayacak şekilde modellenebilmesidir.

Bu amaca yönelik olarak, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu (Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi) öğretim üyesi ve sertifikalı antrenör (Antalya Sport Center) görüşlerine başvurularak en çok yaralanmanın yaşandığı hareketlerden olan (Çetinkaya, Tanır, Atay, Bulut, & Engin, 2017; Lavalley & Balam, 2010; von Rottkay, Nöth, Zinner, & Reichert, 2018) izotonik LR hareketi model alınarak hareket modeli tasarlanmıştır. Bu modelde, Şekil 2'de görülen hareket yapılırken omuz (A2 ve A3), dirsek (A1 ve A4), el bileği (A13 ve A14), kalça (A7 ve A8), diz (A9 ve A10), ayak bileği (A11 ve A12) ve omurga (A5) açılarındaki değişimler bir önceki kısımda açıklandığı gibi elde edilmektedir. Hareket modelinde, hareketin nasıl yapılması gerektiği ve hareket yanlış yapıldığında düzeltme amaçlı verilecek uyarılar da tanımlanmaktadır.



Şekil 2. Tasarlanan LR Hareket Modeli

LR antrenmanı için oluşturulan model, Şekil 2'de gösterildiği gibi açıklanırsa;

- Her elde bir dambıl ile 170° - 180° aralığında (A5) dik durulmalı (3) (Taniguchi, 1997),

$$R_1 = \begin{cases} 1, 170 \leq A5 < 180 \\ 0, \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

- Ayaklar arası mesafe (A11-A12) omuz genişliğinden (A2-A3) biraz daha dar ve kalça (A7-A8) genişliğinden biraz daha fazla olmalı (4) (Arandjelović, 2013; Taniguchi, 1997),

$$R_2 = \begin{cases} 1, \text{distance}_{A11-A12} \leq \text{distance}_{A2-A3} \text{ And } \text{distance}_{A7-A8} \leq \text{distance}_{A11-A12} \\ 0, \text{Otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

- Kollar, dirseklerde (A1 ve A4) 140° - 160° aralığında açılmalı (5) (Andersen, Vinstrup, Jakobsen, & Sundstrup, 2017),

$$R_3 = \begin{cases} 1, 140 \leq A1 \leq 160 \text{ and } 140 \leq A4 \leq 160 \\ 0, \text{Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

- Dirsekler (A1 ve A4) omuz hizasında (A2 ve A3) 15° - 30° aralığında açı oluşturuncaya kadar kollar yanlara doğru kaldırılmalı (6) (Andersen et al., 2017; Taniguchi, 1997),

$$R_4 = \begin{cases} 1, 15 \leq \theta_{A1-A2} \leq 30 \text{ and } 15 \leq \theta_{A3-A4} \leq 30 \\ 0, \text{Otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

- Hareketin en son noktasında, bilekler (A13 ve A14) dirsekler (A1 ve A4) ile 10° - 30° yapacak kadar yukarıda olmalı (7) (Andersen et al., 2017; Keogh, Aickin, & Oldham, 2010),

$$R_5 = \begin{cases} 1, & 10 \leq \theta_{A1-A13} \leq 30 \text{ and } 10 \leq \theta_{A4-A14} \leq 30 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

- Hareket doğru yapıldığında ekranda kullanıcıya "Doğru Hareket" mesajı verilmekte, yanlış yapıldığında ise Tablo 1'de gösterilen mesajlar geri dönüt olarak verilmektedir.

Tablo 1. LR Modeli için Kullanıcıya Verilen Eşzamanlı Uyarılar

Uyarı No.	Uyarılar
1	Lütfen Dik Durunuz ve Ayaklarınızı Uygun Konuma Alınız
2	Ağırlığı Çok Kaldırmayınız
3	Dirsek Açıları Yetersiz, Dirseğinizi Daha Çok Açınız
4	Omuz Açıları Yetersiz, Ağırlığı Daha Çok Kaldırınız
5	Omuz ve Dirsek Açılarınız Hatalı, Sakatlanma Riski Var, Lütfen Daha Hafif Ağırlık Seçin.
6	Ağırlığı Daha Çok Kaldırınız.
7	Doğru Hareket
8	Hareketiniz Yanlış. Lütfen Antrenörünüzle Görüşün, Antrenman Sonlandırılıyor.

2.3. Uzman Sistem Tasarımı

Uzman Sistem, belirli alanlarda karşılaşılan bir veya daha fazla bireysel yargı yetisi ve karar alma sürecinin kopyalanmasıyla oluşturulan karar destek yazılımıdır (Selek, Başçıftçi, & Örcü, 2017). Bu program tarafından kullanılan bilgi ve mantıksal çıkarım mekanizması, alanında uzman kişi ya da kişilerin bilgi ve mantıksal çıkarım mekanizmasına göre modellenmektedir (Wagner, 2017). Ayrıca, modelleme sürecinde kullanılacak karar yapılarının tartışmasız doğruluğa sahip olması gerekir. Böylelikle, kullanıcılara ihtiyaçları ve istekleri doğrultusunda bir ES ile rehberlik edilebilir. Uzman Sistemlerin en önemli bölümlerinden biri olan bilgi veri tabanı, alanında uzman kişi veya kişilerin bilgi dağarcığına göre karar kuralları olarak oluşturulup güncellenmektedir (Başçıftçi & Avuçlu, 2018). Bu kuralları oluştururken "If - Then" yapıları kullanılır. Bu yapılar şu şekilde ifade edilir;

If (one or more condition = True) then (outcome/result)

Bu yapı oluşturulurken birden fazla koşul kullanılabilir. Bu koşullar, duruma bağlı olarak "And" ve "Or" ifadeleri kullanılarak bağlanmaktadır. Örneğin, iki koşul kontrol ediliyorsa, "And" ifadesi kullanılarak koşulların her ikisinin de doğrulanması gerçekleşir. Ancak iki koşuldan sadece biri yeterliyse "Or" ifadesi kullanılır. Spor alanına ilişkin bir örnek şu şekilde ifade edilebilir;

Algoritma 1. Spor Alanına İlişkin Örnek Bir Algoritma

Giriş: Eklem Açıları $J = (\text{Dirsekaçısı1}, \text{Dirsekaçısı2}, \text{Omuzaçısı1}, \text{Omuzaçısı2}, \text{Belaçısı})$,
Çıkış: Hareket Doğruluğu
<i>If (Dirsek Açı Farkı $\leq 10^\circ$) ve (Omuz Açı Farkı $\leq 15^\circ$) ve (Bel Açısı $\geq 170^\circ$)</i>
<i>Then</i>
<i> "Doğru Hareket"</i>
<i>Else</i>
<i> "Yanlış Hareket"</i>
<i>End If</i>

Bu amaca uygun tasarlanan LR hareket modeli çalışmadaki ES içinde kural tabanı olarak kullanılmış, hareket açılarının değişimine göre 8 kural (R1 - R8) ve 256 koşuldan oluşan bir doğruluk tablosu tasarlanarak Tablo 2'de örnek bir tanesi sunulmuştur.

Tablo 2. Örnek Bir Koşulun Çıkış Değerleri

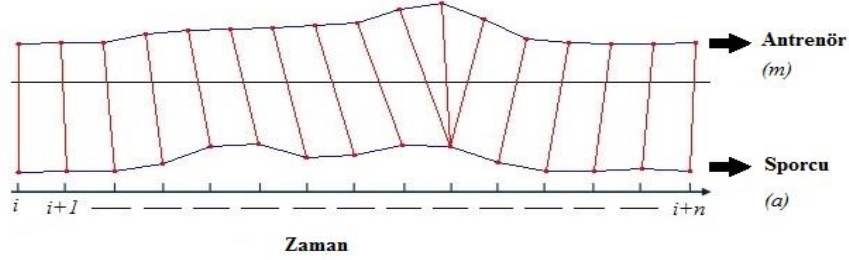
Y	Verilen uyarı	Kural Koşulları							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
1	5	x	x	1	1	x	1	x	x

Bu tabloda, örnek bir kural sistem tarafından verilen uyarılar (Y), verilen uyarı (Bkz. Tablo 1) ve kural durumlarıyla (Q1-Q8) birlikte gösterilmiştir.

2.4. Dinamik Zaman Bükme

Zaman serilerinde, Dinamik Zaman Bükme (Dynamic Time Warp - DTW) metodu zaman ya da hız bakımından farklılık gösteren iki sinyalin benzerlik ölçümü için kullanılan bir metottur (Varatharajan, Manogaran, Priyan, & Sundarasekar, 2018). Örneğin; farklı kişilerin aynı antrenmanı yapma hızları farklı olabilir ya da antrenmanın kasılma ve gevşeme evrelerinde ki hızlanmalar veya yavaşlamalar farklı olabilir.

DTW yöntemi aracılığıyla, Antrenörün ve sporcunun antrenman verilerine ait benzerlik oranları, bu iki veri serisi arasındaki zamansal kaymaların ortadan kaldırılmasıyla hesaplanabilir. Şekil 3'de LR antrenmanının 1 tekrarında elde edilen omuz açıları değişim Antrenör (m) ve Sporcu (a) olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. LR Antrenmanının 1 Tekrarında Elde Edilen Omuz Açıları

DTW metodu kullanılarak bu verilerin benzerliği bulunmak istenirse, sırasıyla $M=m_1, m_2, \dots, m_N$ ve $A=a_1, a_2, \dots, a_X$ olarak ifade edilerek, dinamik programlama aracılığıyla $N \times X$ boyutunda bir uzaklık matrisi oluşturulur (Brill et al., 2019). Bu matrisin her (n, x) elemanı M_N ve A_X arasındaki genlik bakımından uzaklık olan $d(m_n, a_x)$ 'i içerir (8).

$$d(m_n, a_x) = \sqrt{|m_n^2 - a_x^2|} \quad (8)$$

Bu işlem için en çok kullanılan fonksiyonlar ise (9) ve (10)'da verilen öklid ve farkın karesi fonksiyonlarıdır (Brill et al., 2019; Morel, Achard, Kulpa, & Dubuisson, 2018).

$$d(m, a) = |m_n - a_x| \quad (9)$$

$$d(m, a) = (m_n - a_x)^2 \quad (10)$$

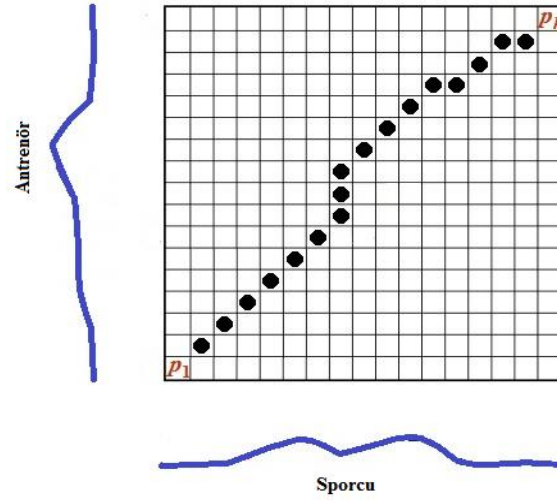
Böylece, toplam uzaklığı minimize ederek, (1,1) elemanından başlayıp (N,A)'da biten ve her bir adımda gidilecek en kısa yolların birleşiminden oluşan bükme yolu (11)'de gösterildiği gibi bulunur.

$$W = w_1, w_2, \dots, w_K \quad (11)$$

Matematiksel olarak, uzaklık matrisinin elemanları $d(n,a)$, ilk satırın ilk n elemanından her hangi birinden başlayan ve (n,a)'inci elemana kadar gelen minimum uzaklık yolundaki toplam uzaklığı saklamaktadır. $d(n,a)$ değeri $n=2, \dots, N$ ve $a=2, \dots, X$ için (12)'de gösterildiği gibi hesaplanır. Burada, C fonksiyonu (n,x) noktasının, ideal bükme yolu eğimine göre en uygun hizalama ile ilerlemesi gerektiğini hesaplar ve bükme yolu uzunluğunu da kontrol eder (Brill et al., 2019).

$$D(n, x) = d(M_n, A_x) + \min \begin{cases} D(n-1, x-1) + C(n-1, v-1), \\ D(n-1, x) + C(n-1, x), \\ D(n, x-1) + C(n, x-1) \end{cases} \quad (12)$$

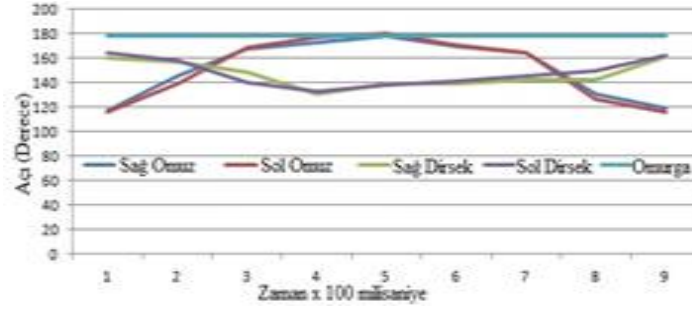
Şekil 4'de gösterildiği üzere, en kısa yol (m_1, a_1) noktasından başlanarak (m_n, a_x) noktasına ulaşana kadar ilerlenerek hesaplanır.



Şekil 4. DTW'de En Kısa Yol Hesaplama

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

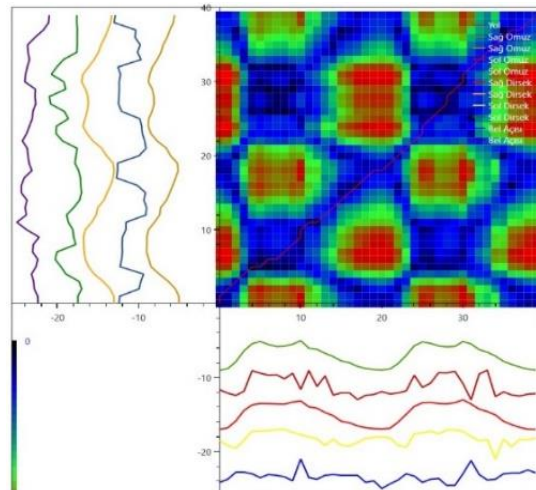
Antrenörden 1 tekrar (%25-30 ağırlıkla) LR hareketleri gerçekleştirmesi istenmiştir. Bu hareketlerden elde edilen Kinect V2 verileri Şekil 5'de gösterildiği üzere DTW yöntemi için model olarak kullanılmıştır.



Şekil 5. Model LR Antrenmanı Verileri

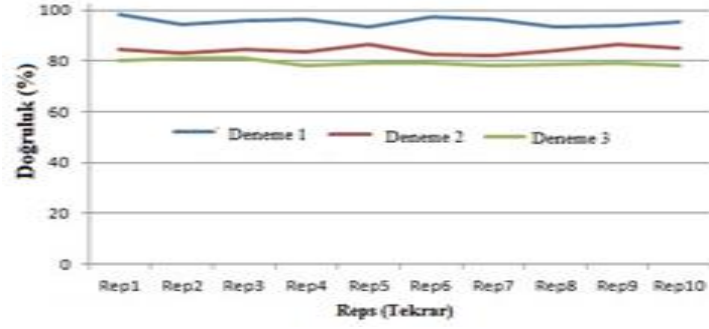
Çalışmamızda, salon ortamında ağırlıklarla yapılan izotonik hareketlerde farklı ağırlıklarda bile hareket farklılıkları oluşabildiğinden, antrenörden LR antrenmanı yapması istenmiştir (Adelsberger & Tröster, 2013; Ericsson, 2017; Jeong et al., 2016). 3 set 10 tekrar olarak yapılan bu antrenmanlarda, antrenör ilk seti %30-40, ikinci seti % 50-70 ve son seti %80-100 oranında ağırlık kullanarak (17.5 kg. max.) yapmıştır (Mateo et al., 2018; Yu & Xiong, 2019).

Buradan elde edilen veriler DTW ve modele göre tasarlanan kural tabanlı ES ile işlenerek karşılaştırılmış ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. DTW metodu ile LR antrenmanı analizi

Öncelikle, DTW metodundan elde edilen veriler Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. DTW Metodundan Elde Edilen LR Antrenmanı Doğruluk Oranları

Şekil 7'de görüldüğü üzere antrenmanlarda ağırlık arttırıldıkça hareketteki bozulma oranı artmakta ve doğruluk oranı da düşmektedir. Bu noktada, DTW'nin antrenmanlarda kullanılabilirlik seviyesini belirlemek için LR antrenmanlarından elde edilen verilerin Ortalama ve Standart Sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucu antrenmanlarda kullanılacak doğruluk oranı LR için 86.43 ± 7.02 olarak tespit edilmiştir.

Bu orana göre veriler yeniden işlendiğinde, DTW'nin LR hareketinde %56 oranında hareket doğruluğunu tespit edebildiği görülmektedir. Aynı veriler ES ile işlenerek elde edilen veriler antrenman türü, deneme numarası, hareket doğruluğu ve sistem uyarıları (Bkz Tablo 1) ile birlikte Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. LR Hareketli için Hareket Doğruluğu ve Sistem Uyarıları

		Tekrarlar									
Tekrar No.	Karar Türü	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Doğruluk	√	X	√	√	X	√	√	X	√	√
	Uyarı	7	1	7	7	8	7	7	3	7	7
2	Doğruluk	X	√	X	X	X	√	√	X	X	X
	Uyarı	3	7	5	5	3	7	7	4	1	1
3	Doğruluk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Uyarı	4	1	1	3	5	4	4	5	1	1

X: Yanlış hareket, √: Doğru Hareket

Şekil 7 ve Tablo 3 verileri incelenirse, ES'in hareket doğruluğunu LR hareketinde %64 oranında tespit edebildiği görülmüştür. Ayrıca, tasarladığımız ES'in hem hareket doğruluğunu DTW modelinden daha yüksek oranda belirleyebildiği hem de hareketteki bozulmaları gösterip bunları düzeltmeye yönelik verileri kullanıcılara sunabildiği görülmektedir.

4. Sonuç

Tasarladığımız ES'in aldığı kararlar DTW metodundan elde edilen sonuçlardan daha yüksek oranda doğruluğa sahip olması, sistemin spor alanında (Ojeda-Castelo, Piedra-Fernandez, Iribarne, & Bernal-Bravo, 2018) ve rehabilitasyon alanında (Rybarczyk, Kleine Deters, Cointe, & Esparza, 2018), ev - spor salonu ortamında kullanıma uygun olduğunu işaret etmektedir.

Teşekkür

Hareket modelinin oluşturulmasında verdikleri destekler için Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ER ve Uzman Antrenör Atilla SÖNMEZİŞİK'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Adelsberger, R., & Tröster, G. (2013, 6-9 May 2013). *Experts lift differently: Classification of weight-lifting athletes*. Paper presented at the 2013 IEEE International Conference on Body Sensor Networks.
- Andersen, L. L., Vinstrup, J., Jakobsen, M. D., & Sundstrup, E. (2017). Validity and reliability of elastic resistance bands for measuring shoulder muscle strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(8), 887-894. doi:10.1111/sms.12695
- Appelbaum, L. G., & Erickson, G. (2018). Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 11(1), 160-189. doi:10.1080/1750984X.2016.1266376

- Arandjelović, O. (2013). Does cheating pay: the role of externally supplied momentum on muscular force in resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 135-145. doi:10.1007/s00421-012-2420-y
- Bailey, R. (2017). Sport, physical activity and educational achievement – towards an explanatory model. *Sport in Society*, 20(7), 768-788. doi:10.1080/17430437.2016.1207756
- Başçiftçi, F., & Avcu, E. (2018). An expert system design to diagnose cancer by using a new method reduced rule base. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 157, 113-120. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.01.020>
- Brill, M., Fluschnik, T., Froese, V., Jain, B., Niedermeier, R., & Schultz, D. (2019). Exact mean computation in dynamic time warping spaces. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 33(1), 252-291. doi:10.1007/s10618-018-0604-8
- Clark, R. A., Mentiply, B. F., Hough, E., & Pua, Y. H. (2019). Three-dimensional cameras and skeleton pose tracking for physical function assessment: A review of uses, validity, current developments and Kinect alternatives. *Gait & Posture*, 68, 193-200. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.11.029>
- Çetinkaya, E., Tanır, H., Atay, E., Bulut, Ç., & Engin, H. (2017). Investigation of musculoskeletal system injuries in athletes doing bodybuilding and fitness sports & Vücut geliştirme ve fitness sporu yapanlarda, kas, iskelet sistemi sakatlıklarının belirlenmesi. *Journal of Human Sciences*, 14(4), 4023-4031.
- Ericsson, K. A. (2017). Expertise and individual differences: the search for the structure and acquisition of experts' superior performance. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8(1-2), e1382. doi:10.1002/wcs.1382
- Harris, D. J., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2018). A Systematic Review of Commercial Cognitive Training Devices: Implications for Use in Sport. *Front. Psychol.*, 9(709). doi:10.3389/fpsyg.2018.00709
- Jeong, H., Yamada, K., Kido, M., Okada, S., Nomura, T., & Ohno, Y. (2016). Analysis of Difference in Center-of-Pressure Positions Between Experts and Novices During Asymmetric Lifting. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 4, 1-11. doi:10.1109/JTEHM.2016.2599185
- Keogh, J. W. L., Aickin, S. E., & Oldham, A. R. H. (2010). Can Common Measures of Core Stability Distinguish Performance in a Shoulder Pressing Task Under Stable and Unstable Conditions? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 422-429. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c7c6b9
- Konstantinidis, E. I., Bamparopoulos, G., & Bamidis, P. D. (2017). Moving Real Exergaming Engines on the Web: The webFitForAll Case Study in an Active and Healthy Ageing Living Lab Environment. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 21(3), 859-866. doi:10.1109/JBHI.2016.2559787
- Lavallee, M. E., & Balam, T. (2010). An Overview of Strength Training Injuries: Acute and Chronic. *Current Sports Medicine Reports*, 9(5), 307-313. doi:10.1249/JSR.0b013e3181f3ed6d
- Mateo, F., Soria-Olivas, E., Carrasco, J. J., Bonanad, S., Querol, F., & Pérez-Alenda, S. (2018). HemoKinect: A Microsoft Kinect V2 Based Exergaming Software to Supervise Physical Exercise of Patients with Hemophilia. *Sensors*, 18(8), 2439.
- Morel, M., Achard, C., Kulpa, R., & Dubuisson, S. (2018). Time-series averaging using constrained dynamic time warping with tolerance. *Pattern Recognition*, 74, 77-89. doi:<https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.08.015>
- Naemabadi, M., Dinesen, B., Andersen, O. K., & Hansen, J. (2019). Influence of a Marker-Based Motion Capture System on the Performance of Microsoft Kinect v2 Skeleton Algorithm. *IEEE Sensors Journal*, 19(1), 171-179. doi:10.1109/JSEN.2018.2876624
- Ojeda-Castelo, J. J., Piedra-Fernandez, J. A., Iribarne, L., & Bernal-Bravo, C. (2018). KiNEEt: application for learning and rehabilitation in special educational needs. *Multimedia Tools and Applications*, 77(18), 24013-24039. doi:10.1007/s11042-018-5678-1
- Reeves, R. K., Laskowski, E. R., & Smith, J. (1998). Weight Training Injuries. *The Physician and Sportsmedicine*, 26(3), 54-73. doi:10.1080/00913847.1998.11440348
- Rybarczyk, Y., Kleine Deters, J., Cointe, C., & Esparza, D. (2018). Smart Web-Based Platform to Support Physical Rehabilitation. *Sensors*, 18(5), 1344.
- Selek, M., Başçiftçi, F., & Örucü, S. (2017). Designing medical expert system based on logical reduced rule for basic malaria diagnosis from malaria signs and symptoms. *World Journal of Engineering*, 14(3), 227-230. doi:10.1108/WJE-10-2016-0112
- Su, C.-H. (2016). Developing and evaluating effectiveness of 3D game-based rehabilitation system for Total Knee Replacement Rehabilitation patients. *Multimedia Tools and Applications*, 75(16), 10037-10057. doi:10.1007/s11042-015-2820-1
- Taniguchi, Y. (1997). Lateral specificity in resistance training: the effect of bilateral and unilateral training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(2), 144-150. doi:10.1007/s004210050139
- Varatharajan, R., Manogaran, G., Priyan, M. K., & Sundarasekar, R. (2018). Wearable sensor devices for early detection of Alzheimer disease using dynamic time warping algorithm. *Cluster Computing*, 21(1), 681-690. doi:10.1007/s10586-017-0977-2
- von Rottkay, E., Nöth, U., Zinner, J., & Reichert, J. C. (2018). Schulterverletzungen im CrossFit und verwandten Sportarten. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 34(2), 145-150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2017.12.007>
- Wagner, W. P. (2017). Trends in expert system development: A longitudinal content analysis of over thirty years of expert system case studies. *Expert Systems with Applications*, 76, 85-96. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.028>
- Yu, X., & Xiong, S. (2019). A Dynamic Time Warping Based Algorithm to Evaluate Kinect-Enabled Home-Based Physical Rehabilitation Exercises for Older People. *Sensors*, 19(13), 2882.



Eğitim Amaçlı SDR Tekniklerine Dayalı FPGA Tabanlı Genlik Modüleli Radyo Vericisi Tasarımı ve Uygulaması

Caner Kiremitci^{1*}, Bilgehan Erkal²

¹ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3863-4466)

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1405-6932)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803492)

ATIF/REFERENCE: Kiremitci, C. & Erkal, B. (2020). Eğitim Amaçlı SDR Tekniklerine Dayalı FPGA Tabanlı Genlik Modüleli Radyo Vericisi Tasarımı ve Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 184-189.

Öz

Yazılım tanımlı radyo (Software Defined Radio - SDR) sistemlerinde temel amaç, radyo işaretlerini bir sayısal işaret işleyiciyle tamamen sayısal olarak işlemektir. Bu sistemler üzerinde modülasyon, demodülasyon, işaret üretimi ve hat kodlaması gibi işlemlerin alanda programlanabilir kapı dizileri gibi bir işlemci ile yapılması analog devre temelli donanıma duyulan ihtiyacı büyük ölçüde azaltmaktadır. Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri (Field Programmable Gate Array - FPGA), programlanabilir mantık blokları arası bağlantılardan oluşan ve geniş uygulama alanları olan sayısal tümleşik devrelerdir. Tasarımcının ihtiyacına yönelik mantık işlevlerini gerçekleştirme amacıyla üretilmiştir. Bundan dolayı her mantık bloğunun işlevi kullanıcı tarafından düzenlenebilmektedir. FPGA'in programlanması aşamasında ise genellikle VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) kullanılır. Bu çalışma üzerinde ilk olarak VHDL kodu yazılarak, genlik modüleli (Amplitude Modulation - AM) verici, FPGA kartı (Mimas Spartan 6) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Audacity programı ile modülasyonda kullanılacak örnek ses kaydı, ses kartı aracılığı ile FPGA kartına gönderilmiştir. FPGA kartı, ADC (Analog / Digital Converter - LM4550) kartı üzerinden analog sinyali alarak HSDR (High Definition Software Defined Radio) programı ile verici sinyali alınıp, demodüle edilip, kaydedilmiştir. FPGA kartı, DAC (Digital / Analog Converter - LM4550) kartı aracılığı ile verici sinyalini analog formda üretip, laptopun ses kartı mikrofon girişine göndermiştir. Ve son olarak kaydedilmiş verici sinyali ayrıca matlab koduyla da offline olarak demodüle edilip sonuç harddiske kaydedilmiştir. Elde edilen demodüleli sinyalin baştaki modülasyon sinyaliyle aynı olduğu ve modülasyonun düzgün bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Sonuç olarak, yazılım tanımlı radyo sistemlerinin (SDR), alanda programlanabilir kapı dizileri (FPGA) üzerinde gerçekleştirilmesine ve eğitimine yönelik güzel bir platform elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: SDR, FPGA, VHDL.

Design and Implementation of an Educational AM Transmitter with FPGA using SDR Techniques

Abstract

In SDR systems, the main purpose is to process the radio signals completely numerically with a digital signal processor. Performing operations such as modulation, demodulation, signal generation and line coding on these systems with a processor such as FPGA greatly reduces the need for analog circuit-based hardware. FPGA are digital integrated circuits that consist of interconnections between programmable logic blocks and have wide application areas. It is produced for the purpose of realizing the logic functions needed by the designer. Therefore, the function of each logic block can be edited by the user. VHDL is generally used in programming the FPGA. In this study, firstly, VHDL code was written and AM transmitter was realized on FPGA board (Mimas Spartan 6). The sample sound recording to be used in modulation with the Audacity program was sent to the FPGA card via the sound card. FPGA card received analog signal from ADC (LM4550) card, transmitter signal was received, demodulated and recorded with HSDR program. FPGA card generated the transmitter signal in analog form via DAC (LM4550) card and sent it to the microphone input of

* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3863-4466, caner_kiremitci@hotmail.com

the laptop's sound card. And finally, the recorded transmitter signal was demodulated offline with the matlab code and the result was saved on the hard disk. It has been observed that the demodulated signal obtained is the same as the initial modulation signal and the modulation is performed properly. As a result, a good platform for the implementation and training of SDR systems on FPGA has been obtained.

Keywords: SDR, FPGA, VHDL.

1. Giriş

Yazılım tanımlı radyo (Software Defined Radio), kablosuz haberleşme amacıyla düşünülmüş ve konfigürasyonu yeniden düzenlenebilen bir donanım ve yazılım teknolojileri koleksiyonudur. Yazılım tanımlı radyoya yönelik ilk fikirler, 1991 yılında John Mittola tarafından radyoların yazılımsal olarak konfigüre edilebileceği ve programlanabileceği düşüncesiyle ortaya konulmuştur. Klasik bir donanımsal radyo sisteminde sinyal alçaltma/yükseltme, modülasyon/demodülasyon, filtreleme gibi işlemler diğer donanım elemanları üzerinden yapılır. Yazılımsal radyoda ise bu elemanların yerini kullanıcının herhangi bir zamanda değiştirebileceği, programlanabilir bir sistem bulunur. SDR sistemlerinin geliştirilmesiyle birlikte donanım tabanlı radyolara göre maliyetin düşürülmesi, işlevselliğin değiştirilebilmesi gibi avantajlar sağlamıştır. [1], [2], [3], [4], [5]

Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri (FPGA), programlanabilir mantık blokları arası bağlantılardan oluşan ve geniş uygulama alanları olan sayısal tümleşik devrelerdir. Tasarımcının ihtiyacına yönelik mantık işlevlerini gerçekleştirme amacıyla üretilmiştir. Bundan dolayı her mantık bloğunun işlevi kullanıcı tarafından düzenlenebilmektedir. FPGA ile temel mantık bloklarının ve yapısı daha karmaşık olan devre elemanlarının işlevselliği artmaktadır. FPGA programlamak için; grafiksel tasarım ve VHDL yöntemleri kullanılır. Grafiksel tasarım, derleyici program (ISE, Quartus vs.) kütüphanesinde yer alan araçlar ve mantık kapıları kullanılarak yapılır. VHDL ise en yaygın olarak kullanılan programlama türüdür. VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) 1980'lerden beri kullanılıp sürekli geliştirilmiş ve ayrıca IEEE tarafından da standart olarak kabul edilmiştir. FPGA devrelerinin SDR sistemlerinde kullanılma nedenleri ise; ilk olarak, aynı anda birden fazla paralel işlem gerçekleştirebilme kapasitesine sahiptir ve yüksek sayıda giriş-çıkış ünitesi vardır. Ayrıca FPGA istenildiği gibi yeniden programlanabilir. FPGA ve SDR sistemleri birlikte kullanılarak bu özellikleriyle birlikte ayrıca çeşitli modülasyon yöntemlerini daha iyi alma ve iletme imkanı sağlarlar. Bu bilgiler doğrultusunda, genlik modüleli radyo vericisi, SDR teknikleri ve FPGA devresi ile birlikte VHDL kodları kullanılarak tasarlanıp uygulamaya alınacaktır. [6], [7], [8]

Bu çalışmanın amacı, yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda, genlik modüleli radyo vericisini, SDR teknikleri ve FPGA devresi ile birlikte tasarlayıp; daha hızlı çalışan ve aynı zamanda tekrar programlanabilir olduğu için daha düşük maliyetli bir tasarım ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada donanımsal olarak, Mimas Spartan 6 FPGA kartı, LM4550 genişletme modülü ve IO çoğaltıcı breakout kartı kullanılmıştır. Yazılımsal olarak ise, VHDL kodlamasını gerçekleştirebilmek için ISE Design Suite 14.7, ses dosyasını düzenleme ve kaydetme için Audacity, giriş/çıkış sinyallerini kontrol edip görüntüleyebilmek için HDSDR, ve ayrıca elde edilen verici sinyalini demodüle edebilmek için de Matlab kullanılmıştır. [9], [10], [11], [12]

2.1. Donanım Bileşenleri

2.1.1. Mimas Spartan 6 FPGA Kartı

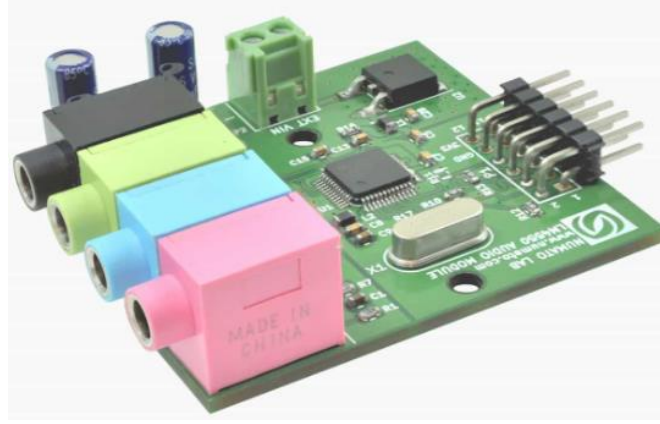
Mimas Spartan 6 FPGA kartı kullanımı kolay bir FPGA geliştirme kartıdır. (Şekil 1) Bu geliştirme kartı; Sistem tasarımını FPGA'larla denemek ve öğrenmek için uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu geliştirme kartında maksimum 70 kullanıcı IO'su ile Xilinx XC6SLX9/TQG144 FPGA'ya sahiptir. [13]



Şekil 1. Mimas Spartan 6 FPGA kartı

2.1.2. LM4550 Genişletme Modülü

LM4550 genişletme modülü, yüksek kaliteli stereo ses üretip kaydetmeyi sağlayan AC'97 Rev 2.1 uyumlu bir ses codec'i olan LM4550'ye sahiptir. (Şekil 2) Bu modül, 2x6 pin genişletme konektörüne sahip FPGA/Mikrodenetleyici kartlarıyla kullanılmak üzere tasarlanmıştır. [13]



Şekil 2. LM4550 genişletme modülü

2.1.3. IO Çoğaltıcı Breakout Kartı

IO breakout kartı, Saturn Spartan 6 geliştirme kartı için bir IO koparma çözümüdür. (Şekil 3) Bu kart, Mimas IO'larının diğer çevresel genişletme modüllerinin kolayca takılmasını kolaylaştıracak daha küçük 2x6 başlıklara ayrılmasını sağlar. Dört adet 2x6 genişletme konektörü bulunur. [13]



Şekil 3. IO çoğaltıcı breakout kartı

2.2. Genlik Modülasyonu

Genlik modülasyonu (Amplitude Modulation-AM) ilk olarak 1906 yılında Reginald Fessenden tarafından ortaya çıkarılmıştır. Genlik modülasyonunda taşıyıcı olan sinüs sinyalidir. Verici üzerinde, taşıyıcı sinüs sinyalinin genliği bilgi sinyaline bağlı olarak değiştirilir. Belirtilen işlemi gerçekleştiren devreye modülatör denir. Alıcı üzerinde bu işlemin tam tersi olarak genlik değişikliği bilgi sinyaline çevrilir. Alıcı üzerinde gerçekleştirilen bu işleme genlik modülasyonu, gerçekleştiren devreye de demodulator denir.

Genlik modülasyonunda bilgi sinyalinin genlik ve frekansına göre taşıyıcı sinyalin genliği değiştirilir. Uzak noktalara gönderilmek istenen düşük frekanslı bilgiler ilk olarak elektrik enerjisine çevrilir sonrasında taşıyıcı sinyal üzerinden elektromanyetik dalgalar olarak uzak noktalara ulaştırılır. Alçak frekans bilgi sinyalinin pozitif alternansında taşıyıcının genliği artmaktadır. En büyük genlik ise bilgi sinyalinin tepe noktasında görülmektedir. Alçak frekans bilgi sinyalinin negatif alternansında ise taşıyıcının genliği azalmaktadır. En küçük genlik ise bilgi sinyalinin eksi tepe noktasında görülmektedir. Burada modüle edilen sinyal bilgi sinyali, module eden sinyal ise taşıyıcı sinyalidir. Elde edilen sinyale ise modüleli sinyal denir. [14], [15]

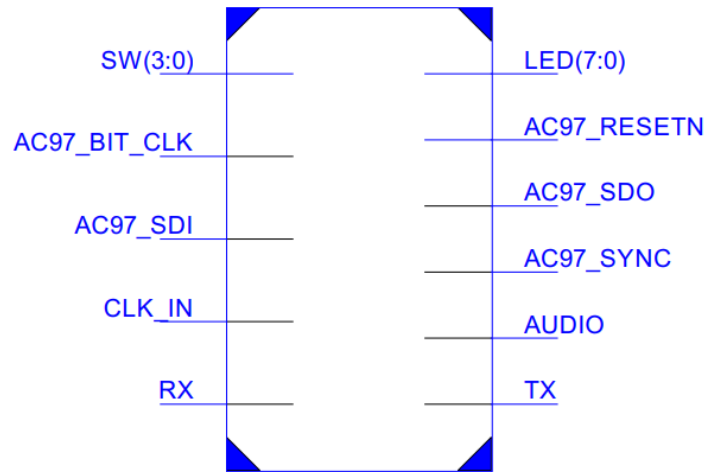
2.3. Radyo Vericisinin VHDL Kodları ile Tasarımı

ISE Design Suite üzerinden ilk başta yeni bir proje oluşturulup, kullanılan FPGA kartının modeline göre gerekli seçimler yapılmıştır. (Şekil 4)

Project File:	amtx.xise
Module Name:	amtx
Target Device:	xc6slx9-3tqg144
Product Version:	ISE 14.7
Design Goal:	Balanced
Design Strategy:	Xilinx Default (unlocked)
Environment:	System Settings

Şekil 4. Projeyi oluşturma

Kullanılan bileşenlerin pinlerine göre input/output verilip kodlamaları gerçekleştirilmiştir. (Şekil 5) Pinlemelerdeki input / output değerlendirilmesi bileşenlerin dökümanlarında gösterilen değerlere uygun olarak verilmiştir. (Şekil 6) [16]



Şekil 5. Input/output şeması

P16	AC97_RESE...	IOB	IO_L43N_GCLK22_IRDY2_3	OUTPUT
P17	AC97_SYNC	IOB	IO_L43P_GCLK23_3	OUTPUT
P18			VCCO_3	
P19			VCCINT	
P20			VCCAUX	
P21	AC97_SDI	IOB	IO_L42N_GCLK24_3	INPUT
P22	AC97_BIT_...	IOB	IO_L42P_GCLK25_TRDY2_3	INPUT
P23		IOBS	IO_L41N_GCLK26_3	UNUSED
P24	AC97_SDO	IOB	IO_L41P_GCLK27_3	OUTPUT

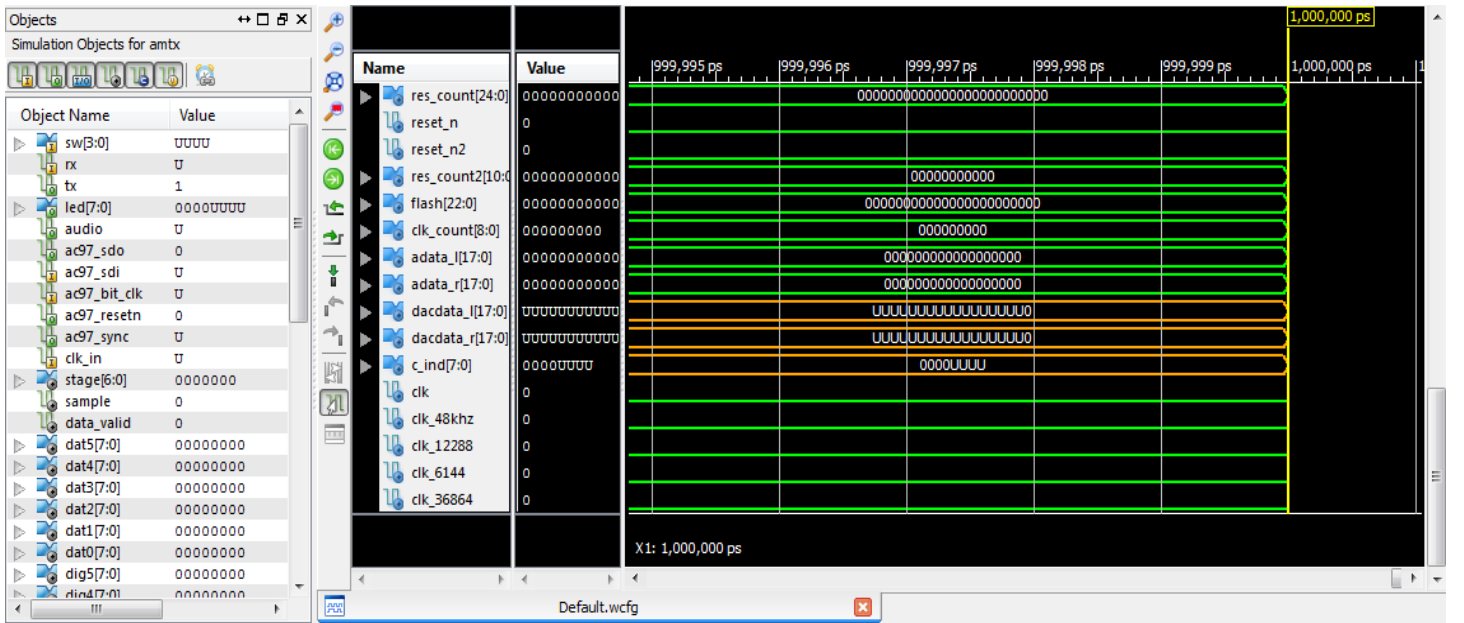
Şekil 6. Input/output VHDL şematığı

Mimas Spartan 6 FPGA kartına uygun olarak, oluşturulacak radyo vericisi için, LM4550 ve IO breakout kartları, PL2303 seri kabloları ve harici ses kartı ile birlikte bir devre oluşturulmuştur. (Şekil 7)



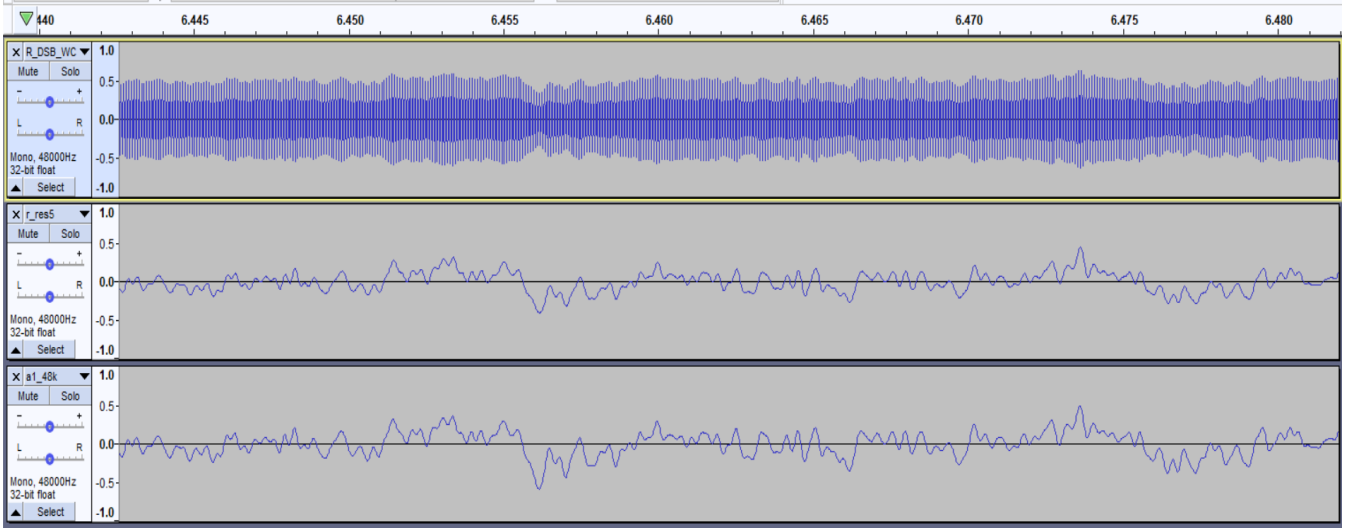
Şekil 7. Radyo vericisi devresi

AM verici, oluşturulan devre üzerinden, yazılan VHDL kodlar ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Devre üzerinde audacity programından faydalanılarak modülasyonda kullanılacak örnek ses kaydı, ses kartı aracılığı ile Mimas Spartan 6 FPGA kartına gönderilmiştir. FPGA kartı, LM4550 kartı üzerinden analog sinyali alarak HSDR programı ile verici sinyali alınıp, demodüle edilip, kaydedilmiştir. FPGA kartı ise LM4550 kartı aracılığı ile verici sinyalini analog formda üretilip, laptopun ses kartı mikrofon girişine göndermiştir ve son olarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir. (Şekil 8)



Şekil 8. ISE Design Suite simülasyonu

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma



Şekil 9. Sinyallerin audacity ile görüntülenmesi

Oluşturulan bu tasarımda elde edilen sinyaller HSDR ile kaydedilip, audacity ile görüntülenmiş ve sonucunda dinleme gerçekleştirilmiştir. Şekil 9’ da gösterilen sinyaller sırasıyla en üstten en alta doğru; modüleli sinyal, demodülasyon sonucunda elde edilen sinyal ve orjinal module edici sinyaldir.

Yine şekil 9’ da gözlemlendiği üzere demodülasyon sonucu ile ilk başta modülasyon esnasında elde edilen dalgalar arasında hiçbir fark gözlenmemektedir. Dolayısıyla modülasyonun yüksek kalite ile gerçekleştirildiği görülmektedir.

4. Sonuç

Sonuç olarak elde edilen demodüleli sinyalin baştaki modülasyon sinyaliyle aynı olduğu ve modülasyonun düzgün bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Elde edilen sonuçtan yola çıkarak SDR sistemlerinin FPGA üzerinde gerçekleştirilmesine ve eğitimine yönelik güzel bir platform elde edilmiştir.

Kaynakça

- [1] Collins T.F., Getz R., Pu D. & Wyglinski A.M. (2018) *Software Defined Radio for Engineers*,
- [2] Mady Z.G.A. (2016). Transmit and Receive of Quadrature Phase-Shift Keying (QPSK) Signal Using Softrock SDR and Matlab *Natural and Appliance Science of Karabuk University, Turkey*
- [3] Gareane A.G.A (2016). Transmit and Receive of FM Signals Using Softrock SDR and Matlab, *Natural and Appliance Science of Karabuk University, Turkey*
- [4] Eame M.A.M (2016). Transmit and Receive of FSK Signals Using Softrock SDR and Matlab, *Natural and Appliance Science of Karabuk University, Turkey*
- [5] Feng Z. (2013). A Software Defined Radio Implementation Using Matlab, *Vaasan Ammattikorkeakoulu University of Applied Sciences, Finland*
- [6] Kara F. (2015). VHDL Kullanarak OFDM Gerçeklenmesi, *Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.*
- [7] Akpolat A.N. (2015) FPGA Tabanlı Nesne Algılama, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye*
- [8] Cai X, Zhouand M. &Huang X. (2017, April), “Model Based Design for Software Defined Radio on an FPGA,” *IEEE Access*, April 2017.
- [9] Mathworks Systems (2020). Erişim Adresi: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- [10] Audacity Audio Software Systems (2020) Erişim Adresi: <https://www.audacityteam.org>
- [11] High Definition Software Defined Radio (2020) Erişim Adresi: <http://www.hdsdr.de/>
- [12] ISE Design Suite (2020) Erişim Adresi: <https://www.xilinx.com/products/design-tools/ise-design-suite.html>
- [13] Numato Systems (2020) Erişim Adresi: <http://numato.com/>
- [14] Kibar A.E. (2019). Genlik Modülasyonu Kullanarak Güç Sinyallerinde Harmonik Çözümleme, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye*
- [15] Alghiryani S.G.S. (2016). Transmit and Receive of SSB and DSB-AM Signals Using Softrock SDR and Matlab, *Natural and Appliance Science of Karabuk University, Turkey*
- [16] M.F. (2012). *Introduction to Spartan 3E FPGA and VHDL*



Alüminyum Ekstrüzyon Profillerinin Hassas Kesit Ölçümlerinin Görüntü İşleme Teknolojisi İle Gerçekleştirilmesi

Mehmet Yoldaş^{1*}, Cemil Sungur^{2*}

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1778-1902)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2340-6225)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803308)

ATIF/REFERENCE: Yoldaş, M. & Sungur, C. (2020). Alüminyum Ekstrüzyon Profillerinin Hassas Kesit Ölçümlerinin Görüntü İşleme Teknolojisi İle Gerçekleştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 190-195.

Öz

Bu çalışmada, alüminyum ekstrüzyon profil üreticilerinin üretim sırasındaki kalite kontrolleri işlemleri için yapılan temaslı ölçümler yerine temassız ölçüm teknolojisi kullanılarak profil kesit ölçümleri yapılmıştır. Köl temassız ölçüm teknikleri bir çok yönüyle temaslı ölçüm yöntemlerinden daha güvenilirlerdir. Temassız ölçüm sonuçları kişiye göre, kullanılan ölçü aletine göre değişiklik göstermeyip stabildir. Yanlış ölçümlerden dolayı üretim verimi düşmekte, gereksiz zaman kaybı yaşanmakta ve işletme maliyeti artmaktadır. Temassız ölçümlerle bu hataları minimum seviyelere düşürmek hedeflenmiştir. Görüntüleri elde etmek için Canon EOS 400D Cmos kamera ve lens olarak EFS 18-55 mm kullanılmıştır. Aydınlatma kaynağı olarak görüntü işleme ile ölçüm çalışmalarında çok tercih edilen ring aydınlatma tercih edilmiştir. Bu aydınlatma kaynağı seçimi sayesinde görüntülenecek nesne üzerinde homojen aydınlatma sağlanmıştır. Dikkat edilmesi gereken unsurların başında gelen kamera-nesne uzaklığının tüm ölçümlerde aynı olması, kameranın nesneye dik şekilde konumlandırılması, aydınlatma kaynağının cismin üzerine eşit ışık düşürmesi konuları ile ilgili stabil çalışmanın gerçekleştirilmesi için mekanik bir düzenek tasarlanmıştır. Çevresel aydınlatma farklılıklarını ortadan kaldırmak için bu mekanik düzenek kapalı bir kutu içerisini konulmuştur. Görüntüler elde edildikten sonra filtreleme işlemleri gerçekleştirilip görüntüdeki gürültüler giderilmiştir. Ardından bir takım işlemlerle kenar belirleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kontor özelliği kullanılan kenar çizgileri çizdirilmiştir. Bazı matematiksel işlemler yapılarak istenilen kesitlerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Piksel-mm dönüşümlerini gerçekleştirmek için ölçüler kesin bilinen referans nesnelere kullanılmıştır. Çalışmalar OpenCv kütüphanesi kullanılarak PyCharm uygulamasında çalışılarak gerçekleştirilmiştir. Profil kesit ölçümleri temassız ölçüm yöntemleri ile gerçekleştirildikten sonra literatür çalışmalarındaki temaslı kesit ölçüm hata payları ile temassız kesit ölçüm hata payları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmadaki hata payları mekanik ölçüm cihazları ile gerçekleştirilen temaslı ölçüm tekniklerindeki hata paylarından daha düşüktür.

Anahtar Kelimeler: Temassız ölçüm, Kesit kontrol, Kesit ölçüm, İki boyutlu ölçme, Temassız kalite kontrol

Performing Precision Section Measurements of Aluminum Extrusion Profiles with Image Processing Technology

Abstract

In this study, profile cross-section measurements were made using non-contact measurement technology instead of contact measurements for quality control processes during production of aluminum extrusion profile manufacturers. Non-contact measurement techniques are in many ways more reliable than contact measurement methods. Non-contact measurement results are

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-1778-1902, mehmetyoldass@gmail.com

stable and do not vary depending on the person and the measuring device used. Due to incorrect measurements, production efficiency decreases, unnecessary time loss is experienced and operating cost increases. It is aimed to reduce these errors to minimum levels with non-contact measurements. A Canon EOS 400D Cmos camera was used to acquire the images and EFS 18-55mm as lens was used. Ring lighting, which is mostly preferred in image processing and measurement studies, was preferred as the lighting source. Thanks to this lighting source selection, homogeneous lighting is provided on the object to be imaged. A mechanical mechanism has been designed in order to perform a stable study regarding the subjects of camera-object distance being the same in all measurements, the positioning of the camera perpendicular to the object, and the equal light of the illumination source on the object. This mechanical mechanism is placed in a closed box to eliminate environmental lighting differences. After the images were acquired, filtering processes were performed and the noise in the image was removed. Then, edge determination processes were carried out with some operations. Edge lines are drawn using the contour feature. The desired cross sections were measured by doing some mathematical operations. It used reference objects whose dimensions are precisely known to perform pixel-mm conversions. The studies were carried out by working in the PyCharm application using the OpenCv library. After conducting the profile section measurements with non-contact measurement methods, the contact section measurement error margins and non-contact cross section measurement errors in literature studies were compared. The margin of error in the study is lower than the margin of error in contact measurement techniques performed with mechanical measuring devices..

Keywords: Non-contact measurement, Cross-section control, Cross-section measurement, Two-dimensional measurement, Non-contact quality control

1. Giriş

Alüminyum profil üretiminde kalite kontrol işlemleri, bilim ve teknolojinin gelişmesiyle büyük boyutlu ve karmaşık yapılı, bükümlü profillerin ölçümlerinin gerçekleştirilmesi manuel test teknolojisi ile endüstrinin ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır [1]. Bu manuel ölçüm yöntemleri insan hatalarına açık, stabil olmayan sonuçlar vermektedir. Boyut parametresi ölçümü, mekanik parçaların üretim sürecindeki kilit noktadır, ancak çeşitli geleneksel ölçüm yöntemleri vardır. Örneğin: kaliperler, göstergeler, mikrometre, vb. [2]. Bu yöntem yerine görüntü işleme kullanıldığında yüksek doğruluk, büyük zaman tasarrufu, düşük maliyet gibi avantajlar sağlayacaktır [3]. Ayrıca modern üretim teknolojileri gün geçtikçe daha minyatür, karmaşık ve kırılabilir hale gelen yüzeylerin temaslı ölçümleri için her zaman uygun değildir [4]. Görüntü işleme teknolojisi ile ölçüm metodundaki hata payları ve hassasiyetler istenen aralıklarda olması durumunda birçok avantajından dolayı temaslı ölçümden daha iyi bir ölçüm yöntemi olacaktır.

Alüminyum ekstrüzyon kalite kontrol süreçleri de oldukça hassas çalışmalar gerektirmektedir. Günümüzde temaslı ölçü aletleriyle kalite kontrol işlemlerini gerçekleştiren birçok üretici problemler yaşamaktadırlar. Bu ölçüm yöntemiyle detay kesit sayısı fazla olan profillerin ölçümleri uzun süre çalışma gerektirmektedir. Ölçü aletlerinin sürekli kalibrasyonlarının takibi yapılmalı ve kalibrasyon süresi geçen ölçü aletlerinin kullanımı sonucu hatalar meydana gelebilmektedir. İnsanların temaslı ölçü aletlerinin kullanımı esnasında cihazı sert ya da yumuşak temasla kullanmaları arasında büyük hata payları ortaya çıkmaktadır. Uzunluk, çap, iç açıklık, genişlik gibi farklı ölçümler farklı ölçü cihazları gerektirmektedir. Bu anlamda hem personelin bütün ölçü aletlerini kusursuz kullanma yeteneği hem de bütün cihazların kusursuz ve kaliteli cihazlar olması gerekmektedir. Bunların hepsi işletme maliyetini artıran sebeplerdendir. Bazı karmaşık şekilli profillerin birçok ölçümünü de mekanik ölçü aletleri ile yapmak mümkün değildir ya da çok zaman almaktadır. Bu sebeplerden dolayı eğer görüntü işleme teknolojisi ile yapılan ölçüm çalışmaları, üretim toleranslarını sağlayacak şekilde gerçekleştirebilirse, sağladığı diğer faydalardan dolayı temaslı ölçü aletlerinden daha makul bir yöntem olacaktır.

Alüminyum profillerde yapılan görüntü işleme çalışmaları literatür araştırması yapıldığında bir çoğunun yüzey sorunları tespit etme üzerine olduğu görülmektedir. Alüminyum profillerde görüntü işleme ile kesit ölçümü yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bakımdan özgün bir çalışma olmuştur. Benzer çalışmalara bakıldığında temel geometrik şekil tespiti çokça görülmektedir. Sebze meyve sınıflandırma işlemlerinde kenarlar tespit edildikten sonra en çok çap belirleme işlemleri yapılmaktadır [1], [5], [6]. Tıp alanında yapılan çalışmalara bakıldığında belirlenen iki nokta arası ölçümler yapılmıştır [7]. Metal birçok ürünün çap ölçümleri [8], [9], dış kenar uzunlukları ölçülmüştür. Konfeksiyon alanında kıyafetlerin belirli iki noktaları arası ölçümleri gerçekleştirilmiştir [10], [11]. Yapılan çalışmalar gözden geçirildiğinde çok fazla hassas olmayan ve genellikle nesnelere dış hatlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada karmaşık şekle sahip ve yüksek yansıtma özelliği olan alüminyum profillerin iç kesit ölçümleri kontur bulma ve çizdirme yöntemiyle ölçülmüştür. Hata payları hesaplanmıştır. Bu çalışmada 2. Bölüm kullanılan mekanik düzenek, kamera, lens, aydınlatma unsurları, zemin özellikleri, referans nesne, kamera kalibrasyonu ve yazılım sistemi hakkında detayları içermektedir. 3. Bölümde ölçüm sonuçları ve hata payı hesaplaması bulunmaktadır. 4. Bölümde ise elde edilen çıkarımlar ve tavsiyeler bulunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Yapılan çalışmalar temelde iki kısımdan oluşmaktadır: donanım sistemi, yazılım sistemi. Donanım sistemi, yapılan çalışmada elde edilecek görüntülerin sağlıklı bir şekilde elde edebilmesi için çevre koşullarının sabitliğini sağlayan kısımdır. Donanım kısmındaki uyumsuzluklar ya da yetersizlikler yazılım sisteminde yapılacak çalışmaları zorlaştırabilir ya da imkânsız kılabilir. Yazılım sistemi, elde edilen görüntünün bir takım filtrelerle, algoritmalarla işlemlere tabi tutulup, kullanıcıya anlamlı bir çıktı veren kısımdır.

2.1. Deney Düzenegi

Deney düzenegi Şekil 1 de görüldüğü gibi aydınlatma kaynağı, kamera, kablolu deklanşör ve mekanik düzeneden oluşmaktadır. Çalışmalarda Canon EOS 400D Cmos kamera kullanılmıştır. Kullanılan lens EFS 18-55 mm şeklindedir. Farklı literatür çalışmalarında kullanılan yada tavsiye edilen teknikleri, yöntemleri, malzemeleri donanımları aynı anda kullanarak çalışmanın verimliliğini artırmak için bu tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarım çalışmaları Solidworks programında çizilip mekanik parçalar belirlenmiştir. Ardından montaj işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1. Ölçü Kontrol İstasyonu



Görüntü işleme teknolojisi ile ölçüm çalışmalarında bir takım problemler vardır. Bu problemlerin başında aydınlatma sorunları vardır. İyi bir görüntü ancak doğru seçilmiş aydınlatma kaynağı ve ortamı ile elde edilebilir [12]. Uygun aydınlatma, sistemin genel etkisini artırarak bilgilerin daha sonra analiz edilmesini kolaylaştırabilir [3]. Aydınlatma ile ilgili buna benzer birçok uyarı ya da bilgilendirme birçok kaynakta mevcuttur. AC beslemeli aydınlatma kaynakları frekanstan etkilenerek stabilliğini koruyamazlar. Bu durum da görüntüler üzerinde farklı sonuçlar alınmasına neden olmaktadır [4]. Bu bilgiler kullanılarak DC beslemeli aydınlatma kaynağı kullanmaya karar verilmiştir. Kameradan elde edilen görüntü, kamera açısı, ortam aydınlatması, toz ve benzeri diğer faktörlerden kolayca etkilenebilecek durumdadır [12]. Bu bilgiler doğrultusunda kamera-nesne mesafesi, aydınlatma kaynağı nesne mesafesi ve kameranın nesneye göre açısı için mekanik düzen tasarlanmıştır. Bu mekanik düzenek sayesinde kamera-nesne uzaklığı sabit tutularak bu mesafedeki farklılıklardan dolayı ölçü farklılıklarının önlenmesi amaç edinilmiştir. Kamera nesne mesafesi değiştiğinde nesnedeki büyüme ya da küçülme teorik hesaplardaki gibi liner değişim göstermez [13]. Bu bakımdan dikkat edilmelidir. Aydınlatma kaynağı- nesne uzaklığı ayarlanabilir olması için mekanik ayarlanabilir ve sabit tutulabilir şekilde mekanik düzenek kurulmuştur. Kameranın nesneye göre dönüklüğü ayarlamaları için dijital su terazisi kullanılmıştır. Mekanik düzenek dengesi ve ardından kamera dengesi ayarlanmıştır. Literatürde kamera nesne dönüklüğü çalışmaları yazılımsal olarak da yapılmıştır [14].

Aydınlatma unsurunun sabit olması için sistemin kapalı bir ortam içerisinde tutulması ve ışık şiddetinin kontrol altına alınması da sistemin verimliliğini artıracaktır [12]. Çevresel şartlardan etkilenmeyi sıfıra indirmek için numunelerin görüntüsünün alındığı mekanik düzenek Şekil 2'de olduğu gibi kapalı bir kompozit kutu içerisine alındı. Fotoğrafların çekimi için soket bağlantıları yapıp kablolu bir deklanşör kumandası dışarıya çıkarıldı. Aydınlatma kaynağının görüntülenecek nesneye olan yönü ile ilgili literatür çalışmalarında kullanılmıştır. Arka aydınlatma ile elde edilen görüntü mükemmel bir kontrasta sahip olacaktır. Kontrast derecesi, kenar taramasının doğru olup olmadığını hemen etkileyebilir [3]. Arka plan aydınlatma şeması benimsendiğinde, görüntüleme en nettir ve kenarın konturu da çok nettir [3]. Yüksek kontrastlı görüntüler elde etmek ve sonraki görüntü işlemeyi kolaylaştırmak için arka aydınlatma modu benimsenmiştir [15]. Bu sistemde arka ışık, mekanik parçalar için ideal aydınlatma türüdür [16]. Bu ifadeler gibi birçok ölçü çalışmasında geri aydınlatma seçilmiştir.

Şekil 2. Ölçü Kontrol İstasyonu Kutusu



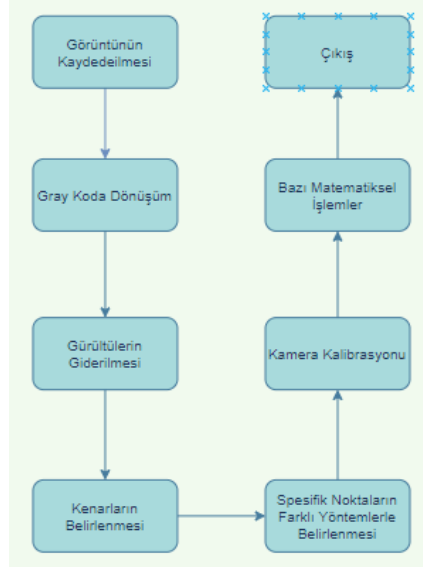
Kesit ölçüm çalışmalarında bir diğer sorun kameranın kalibrasyonu olmuştur. Bununla yapılan çalışmalarda genellikle referans nesnelere kullanılmıştır. Yapılan çalışmalardan birinde elma kesitleri ölçümünde referans nesne olarak cetvel konulmuş ve mm- piksel dönüşüm oranı bulunmuştur [4]. da yapılan diğer bir çalışmada görüntüsü alınacak nesnenin altına sabit ölçülü ölçüm nesnesi konup dönüşüm oranı bulunmuştur [16]. Başka bir çalışmada özellikleri bilinen iki adet referans nesne ile birlikte işlem yapılacak nesne aynı karede görüntülenmiş, bilinen nesnenin tekabül ettiği piksel değerinden dönüşüm oranı belirlenmiştir [14]. Benzer şekilde bir çalışmada referans oluşturması için numunenin hemen yanına siyah renkte, alanını daha önceden bilinen bir dairesel kesit eklenmiştir. Bilinen nesnenin çapına tekabül eden piksel değeri ile ölçülmek istenen kesiti arasında dönüşüm gerçekleştirilip ölçüm

gerçekleştirilmiştir [17]. Bu çalışmada kalibrasyon kontrol metali referans olarak alınmıştır. Ayrıca algılanacak nesneyi arka plandan kolay ayırmak için Şekil 1 deki gibi zemin siyah olarak seçilmiştir [6]. Benzer şekilde diğer bir çalışmada düzeneğin iç yüzeyi denemeler sırasında en iyi görüntünün elde edilebilmesi için siyah renge boyanmıştır [4]. Bu çalışmada da zemin siyah renklidir. Bunlara ilave olarak aydınlatma kaynağı armatürü beyaz renkli statik boya ile boyanmıştır. Bu sayede diğer renklere göre daha fazla yansıtma özelliği kullanılmaktadır.

2.1. Yazılım Çalışması

Literatür çalışmalarında görüntü işleme teknolojisi ile nesne kesiti ölçüm çalışmalarına bakıldığında bu işlemler genel olarak yazılımsal açıdan Şekil 3'deki gibidir. Alüminyum ekstrüzyon sektöründe üretilen Şekil 4'deki orijinal profilin kesit ölçümleri yapılmıştır.

Şekil 3. Literatür Çalışmalarındaki Genel Akış Diyagramı



Görüntünün kaydedilmesi aşamasından sonra ilk iş gürültülerin giderilmesidir. Elde edilen renkli görüntü muhtemelen çok fazla gürültüye sahip olacaktır. Geri kalan adımlara geçmeden önce, görüntüye bir Gauss bulanıklığı uygulanır, o yumuşatılır ve böylece gürültü azaltılır [18]. Çalışmada öncelikle kameradan görüntü elde edilmiş ve akabinde lüzumsuz addedilen gürültü kaldırma işlemleri gerçekleştirilmiştir [7]. Profilden elde edilen görüntülerin gürültülerinin giderilmeden işlem yapılması durumunda profili oluşturan kontur sayısı yanlış hesaplanmakta ve bu durum algoritmanın başarısını olumsuz yönde etkilemektedir [12]. Bu çalışmada da tuz biber filtresi olarak meşhur olan Gaussian filtresi kullanılmıştır. Bazı literatür çalışmalarında ise Medyan filtre kullanılmıştır[2], [16]. Görüntü işlemede çok yaygın olarak kullanılan medyan filtre doğrusal olmayan bir filtrelemedir ve görüntüde bir tür gürültü azaltma amacıyla kullanılır.

İkinci işlem gri tonlamaya dönüşüm işleme yapmaktır. Bir korelasyon algoritması kullanarak, toplanan renkli bir görüntünün gri tonlamalı bir görüntüye dönüştürülmesi işlemidir. Gri tonlama işleme, görüntünün gri değerini 0-256 aralığına sahip yeni gri bir aralığa eşler. Bu değer bir pikselin R,G,B piksel yoğunluk değerlerinin ortalama değeri olarak belirlenen sayıya göre 0-256 aralığına sahip gri tonlama ile yeniden ifade edilme şeklidir. Bu da görüntünün belirli özelliklerini tanımlamayı ve sonraki görüntü işlemeyi kolaylaştırır.

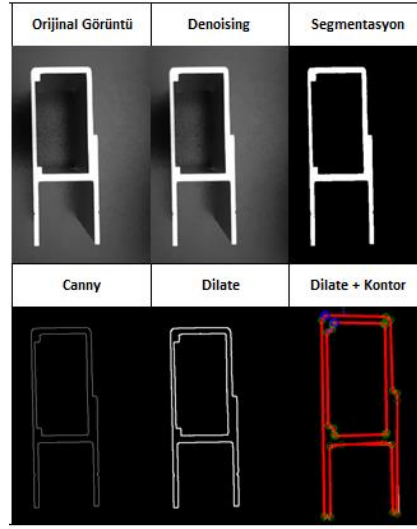
Üçüncü aşama olarak görüntüye segmentasyon yaparak çalışmak istediğimiz görüntünün arka plandan ayrılması sağlanır. Bu çalışma ayrıca resim boyutunu küçülterek hız artışı da sağlar. Segmentasyon işlemi ile alt ve üst sınırlar belirlenip binary dönüşüm elde edilmiş olur. Bu sayede istenilen bölgelerin beyaz, arka planın siyah olması beklenir. Bu özellik kullanılarak kenar belirleme işlemi gerçekleştirilecektir.

Dördüncü aşama olarak kenarların belirlenmesinde farklı kenar belirleme algoritmaları mevcuttur. Yapılan literatür çalışmasında görüntü işleme teknolojisi ile kesit belirleme işlemlerinde Canny kenar algılama yoğun olarak tercih edilmiştir [14], [7], [3], [18], [12], [15]. Bunun haricinde kenar belirlemek için Hough transform yönteminden faydalanılan çalışmalar da olmuştur[16], [2], [19], [8]. Bu çalışmada kenar belirleme de Canny algoritması kullanılmıştır.

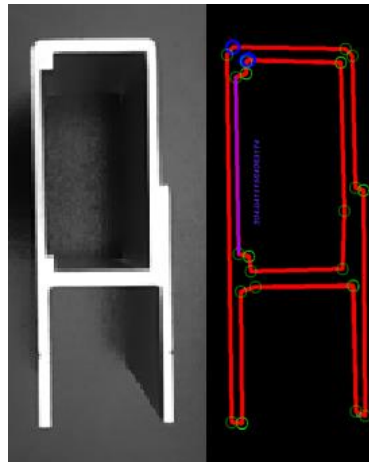
Canny kenar belirleme algoritması uygulandıktan sonra kenarlar belirlenmiş gibi bazen görünebiliyor fakat daha dikkatli bakılması durumunda kesintiler olabiliyor. Kontor uygulaması yaptığımızda kenarların kesikli olduğunu tespit edebilirsiniz. Problem oluşmaması adına ilk deneme Canny kenar algılama yapıldıktan sonra morfolojik işlemlerden dilate işlemini de dahil ederek gerçekleştirildi. Şekil 4'de görüldüğü gibi bu işlem sonrasında gereksiz birçok kontur noktası meydana gelmiştir. Dilate işlemi yapılmadan kontur işlemi uygulandıktan sonra sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir. Dilate işlemi uygulamadan yapılan çalışmada daha önceden belirtilen bir kesitin uzunluğu piksel cinsinden bulunmuştur.

Beşinci aşama spesifik noktaların belirlenme aşamasıdır. Bu aşamada literatürde farklı uygulamalar görülmektedir. Tıp alanında yapılan bir çalışmada da görüntü üzerindeki iki noktaya mouse ile manuel olarak işaret konulmuş ve bu iki nokta arasındaki pikseller bulunmuştur [7]. Bu uygulamadan farklı olarak referans görüntünün piksel yoğunluk değerleri binary forma dönüştürüldükten sonra sisteme kaydedilmiş ve ölçülmek istenen objenin piksel yoğunluk değerleri binary forma dönüştürülüp iki görüntünün aynı satır ve sütundaki piksel yoğunluk değerlerine XOR işlemi yapılmıştır [4]. Diğer bir yöntemse kenarları belirlenen görüntülerin sınır hatları boyunca kesintisiz hatları belirleyen ve istenirse çizen yöntem olan kontör yöntemidir. Konuyla ilgili çalışmaya literatür çalışmalarında sıkça rastlanmaktadır [16], [10], [12], [20], [15]. Bu çalışmada da kontör yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle birlikte profilin kenarları ve köşe noktaları belirlenmiştir. Kontörler çizdirildikten sonra matematiksel işlemlerle istenilen pozisyonların x ve y pozisyonları piksel cinsinden elde edildi. İki nokta arası mesafe $|AB| = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ formülü kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen uzaklık piksel cinsinden uzaklığın ifade edildiği şeklidir. Referans nesne kullanılarak, referans nesnenin görüntüde tekabül ettiği piksel değerleri bulunmuştur. Gerçek değeri ile oranlayarak mm- piksel dönüşümü formülize edilmiştir. Referans nesne ilk denemelerde aynı karede alınmıştır. Fakat aynı karede görüntüsü alınan cisimler aydınlatma kaynağından gelen ışınları yansıttığı için kamera-nesne uzaklığı değişmeden ayrı görüntülerde piksel değerleri ölçülmüştür.

Şekil 4. Orijinal Görüntüden Piksel Ölçümüne Kadar Görüntü İşleme Aşamaları



Şekil 5. Orijinal Profil Görüntüsü ve Bir Kesitin Ölçüsü Bulunmuş Profil Görüntüsü



3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada alüminyum ekstrüzyon sektöründe üretilen profillerden üretim esnasında küçük numuneler olarak toleranslara uygun olup olmadığı ile ilgili görüntü işleme teknolojisi ile belirlenen kesit ölçümü işlemleri gerçekleştirilmiştir. Mekanik sistem ve yazılım sisteminden oluşan ölçü kontrol sisteminde referans küpü ile denemeler yapılmıştır. Yapılan çalışmada referans nesnenin kesitine (50 mm kesitli alüminyum küp) tekabül eden piksel sayısı 390,38'dir. 1 piksel 0,1273 mm'ye tekabül etmektedir. Ölçülmek istenen nesne aynı kamera-nesne uzaklığında 304,04 piksel gelmektedir. Gerçekte olması gereken 38,70 mm olan kesit 38,94 olarak ölçülmüştür. Hata payı %0,6 olarak belirlenmiştir. Bu hata payları ile [12] numaralı literatür çalışmasında temaslı ölçüm cihazları ile yapılan ölçüm hatalarının minimumum değerine yaklaşılmıştır. Bunun yanı sıra zaman anlamında temaslı ölçüm cihazlarından daha hızlı ölçüm gerçekleştirilecektir. Hata payının en büyük nedenleri arasında ölçülmek istenen profil görüntüsünün gürültü giderme

işlemleri olun Gaussian filtre işlemleri olmuştur. Ne kadar fazla Gaussian sabitini artırsanız keskin çizgiler yuvarlanmaya ve kendi özünü kaybetmeye başlayacaktır.

4. Sonuç

Literatür çalışmaları incelendiğinde görüntü işleme teknikleri ile alüminyum ekstrüzyon profilleri kesit ölçüm üzerine çalışmaya rastlanmamıştır. Genellikle alüminyum profillerle yapılan çalışmalar yüzey sorunları üzerine olmuştur. Bu anlamda özgün bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda ilave çalışmalarda eklenebilir. Şu anki haliyle sadece iç yükseklik ölçümü değerlendirildiğinde temaslı ölçüm ortalama temaslı cihazların minimum hatalı şekliyle kullanılabilir şekildedir.

Alüminyum profil ölçüm sisteme hatası %0.6 olarak hesaplanmıştır. Hata payının azaltılması için yapılacak bazı çalışmalar şunlardır: Profilin yüzeyindeki aydınlatmanın homojenliğini bozan testere izleri farklı bir yöntemle kesilmeli ya da kesimden sonra boyama yoluyla bu çizgiler kaybedilebilir hata payları düşürülebilir. Literatür çalışmalarından faydalanılarak görüntü yok etme metodlarından ölçü bozukluğu yapmayan filtre araştırması yapılabilir. Ayrıca zemin mekaniği bu projede alüminyumdan yapılmıştır. Bu mekanik parçada aynı şekilde yüksek yansıma özelliklerine sahip olduğundan dolayı profilin yan yüzeylerinde parlaklıklar oluşturup görüntüde bozulmalar meydana getirmiştir. Yansıtıcı özelliği düşük olan malzemelerle zemin oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Çözünürlük ve yüksek odaklanma özelliği olan kameralarla çalışılması da hata payının düşmesine olumlu yönde etki edecektir.

Kaynakça

- [1] Ilunga, J. C. M., & Mpyoi, D. K. (2019). Contrôle dimensionnel des pièces mécaniques sans contact basé sur la transformation Hough dans le traitement d'image. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 26(2), 426-432.
- [2] Li, Y. F., Han, X. X., & Li, S. Y. (2015, October). Non-contact dimension measurement of mechanical parts based on image processing. In *2015 8th International Congress on Image and Signal Processing (CISP)* (pp. 974-978). IEEE.
- [3] Zhao, Z., Wu, D., & Zhang, L. (2018). Research on Measurement of Mechanical Parts Based on Vision. *MS&E*, 394(3), 032083.
- [4] Sofu, M. M., Er, O., Kayacan, M. C., & Cetişli, B. (2013). Elmaların görüntü işleme yöntemi ile sınıflandırılması ve leke tespiti. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 12-25.
- [5] Sabliov, C. M., Boldor, D., Keener, K. M., & Farkas, B. E. (2002). Image processing method to determine surface area and volume of axi-symmetric agricultural products. *International Journal of Food Properties*, 5(3), 641-653.
- [6] CÖMERT, O., HEKİM, M., & Kemal, A. D. E. M. (2017). Weight and Diameter Estimation Using Image Processing and Machine Learning Techniques on Apple Images. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(3), 147-154.
- [7] Osmanoğlu, U. Ö., Mutlu, F., Gürsoy, H., & ŞANLISOY, S. (2016). Görüntü işleme ve analizinin tıpta kullanımı ve bir uygulama. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 41(1), 6-16.
- [8] Derganc, J., Likar, B., & Pernuš, F. (2003). A machine vision system for measuring the eccentricity of bearings. *Computers in industry*, 50(1), 103-111.
- [9] Salloom, M. Y. (2016). MACHINE VISION APPLICATION IN MANUFACTURING: INSPECTION OF DIMENSIONS. *Iraqi journal of mechanical and material engineering*, 16(3), 268-284.
- [10] Karunamoorthy, B., & Ramprabu, J. A Novel Method Of real Time Cloth Size Measurement Algorithm Based On Fpga Platform.
- [11] Ural, Ö., & Vural, T. (2020). Measurement Control of Ready-Made Garments with Image Analysis Methods. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 30(1).
- [12] Akdoğan, M. (2018). *Karmaşık şekilli mamullerin görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçek zamanlı boyut kontrolü* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [13] Jawad, Huda M. & Husain, Tahseen. (2017). Measuring Object Dimensions and its Distances Based on Image Processing Technique by Analysis the Image Using Sony Camera.
- [14] GÜNEŞ, H., BURMABIYIK, A., KELEŞ, S., & AKDAŞ, D. GÖRÜNTÜSÜ ALINAN BİR NESNENİN REFERANS BİR NESNE YARDIMIYLA BOYUTLARININ, ALANININ VE AÇISININ HESAPLANMASI.
- [15] Li, B. (2018). Research on geometric dimension measurement system of shaft parts based on machine vision. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018(1), 101.
- [16] Zhang, T., Luo, Y., Wang, X., & Wang, M. (2010, December). Machine vision technology for measurement of miniature parts in narrow space using borescope. In *2010 International Conference on Digital Manufacturing & Automation* (Vol. 1, pp. 904-907). IEEE.
- [17] ÖZTÜRK, F., BAŞ, M. H., & KILIÇ, S. (2013). Malzemelerde Sünekliğin Görüntü İşleme Yöntemiyle Ölçülmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 34-42.
- [18] Shetty, S. J. (2019). Vision-based inspection system employing computer vision & neural networks for detection of fractures in manufactured components. *arXiv preprint arXiv:1901.08864*.
- [19] Baygin, M., Karakose, M., Sarimaden, A., & Erhan, A. K. I. N. (2017, September). Machine vision based defect detection approach using image processing. In *2017 international artificial intelligence and data processing symposium (IDAP)* (pp. 1-5). Ieee.
- [20] Baharatti Priya, Sudha. Image Processing Based Fault Detection and Isolation for Mechanical Components. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2019, 8.6S.



Implementation of Simulation of Possible Short Circuit Fault Situations in Wind Energy Plants by Power Analysis Program

Mehmet Şen^{1*}, Muciz Özcan²

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendislik Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7609-2210)

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendislik Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5277-6650)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803127)

ATIF/REFERENCE: Şen, M. & Özcan, M. (2020). Implementation of Simulation of Possible Short Circuit Fault Situations in Wind Energy Plants by Power Analysis Program. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 196-201.

Abstract

The primary mission of electrical equipment in power systems is to provide life and property safety, and then to ensure uninterrupted and quality energy flow. Therefore, in order to ensure the continuity of an uninterrupted and quality energy flow while designing power plants, it is very important to determine the possible malfunction situations that may occur in energy systems and to calculate the minimum and maximum values of short circuit currents that may occur in the power system for the possible error situations. In order to prevent the energy flow from being interrupted in the system, it is necessary to detect every kind of malfunctions that may occur in the network beforehand, to isolate them from the system or to limit the value of short-circuit currents that may occur in the power flow system to a specified level in case of a malfunction. A generator connected to the medium voltage network is preferred to have neutral grounding so that it does not suddenly switch to island mode. The electrical connection type of the network in renewable power plants has a significant effect on limiting the value of the short circuit current that will occur in case of the most common phase-to-ground short circuit fault in these systems. Neutral grounding that must be done in the system in order to prevent the short circuit current that will occur in case of faults that may occur at weak points of insulation in the system from reaching very dangerous dimensions, ensures that the phase-to-ground fault condition is detected and the value of the fault current that will occur as a result of a short circuit is taken under control. In power flow systems, the grounding system must be selected in accordance with the power flow system to perform these two functions. In this context, a wind power plant consisting of seven wind turbines was first electrically modeled in a power simulation program. Then, possible fault scenarios of the power plant were tried to be determined on the obtained electrical modeling circuit. In case of a short circuit for the detected fault scenarios, the necessary analyzes were made on the system, solutions were presented for the most common phase-to-ground short circuit fault situation in practice with 70% and the value of the fault current was tried to be limited at certain levels. YNyn transformer connection status and 20-ohm ground resistance value obtained in the study were found to form the lowest phase-to-ground short circuit current status.

Keywords: Wind energy plant, Simulation of electrical power systems, Phase-to-ground short circuit fault, Neutral grounding resistance, Power flow quality.

Rüzgâr Enerji Santrallerinde Oluşması Muhtemel Kısa Devre Hata Durumlarının Güç Analiz Programı ile Simülasyonun Gerçekleştirilmesi

Öz

Güç sistemlerindeki elektrik ekipmanlarının öncelikli ana görevi can ve mal güvenliği sağlamak, akabinde ise kesintisiz ve kaliteli bir şekilde enerji akışını sağlamaktır. Dolayısıyla elektrik santralleri tasarlanırken kesintisiz ve kaliteli bir enerji akışını sürekliliğini sağlamak için enerji sistemlerinde ortaya çıkması muhtemel arıza durumlarının neler olabileceğinin belirlenmesi ve oluşması muhtemel hata durumları için güç sisteminde oluşabilecek kısa devre akımlarının minimum ve maksimum değerlerinin hesaplanması çok önemlidir. Sistemde enerji akışının kesintiye uğramaması için şebekede oluşması muhtemel her türlü hatanın önceden tespit edilerek sistemden izole edilmesi ya da hatanın oluşması durumunda güç akış sisteminde oluşturması muhtemel kısa devre akımlarının değerini belirlenen bir seviyede sınırlandırılmak gerekir. Orta gerilim şebekesine bağlı olan bir generatör, aniden ada moduna

* Corresponding Author: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7609-2210, muh.senmehmet@gmail.com

geçmemesi için nötr topraklamasının olması tercih edilir. Yenilebilir enerji santrallerinde şebekenin elektriksel bağlantı şeklinin bu sistemlerde en fazla görülen faz-toprak kısa devre hatası oluşması durumunda oluşacak kısa devre akımının değerinin sınırlandırılması üzerinde çok önemli bir etkisi vardır. Sistemde izolasyonu zayıf noktalarında oluşabilecek hata durumlarında oluşacak kısa devre akımının çok tehlikeli boyutlara ulaşmaması için sistemde yapılması gereken nötr topraklaması faz toprak hata durumunun tespit edilmesi ve kısa devre sonucu oluşacak hata akımının değerinin kontrol altına alınmasını sağlar. Güç akış sistemlerinde söz konusu iki fonksiyonu yerine getirmek için topraklama sisteminin güç akış sistemine uygun şekilde seçilmesi gerekir. Bu kapsamda yedi adet rüzgâr türbininden oluşan bir rüzgâr santrali bir güç simülasyon programında önce elektriksel olarak modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen elektrik modelleme devresi üzerinde santrale ait oluşması muhtemel hata senaryo durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Tespit edilen hata senaryoları için kısa devre durumunda sistem üzerinde gerekli analizler yapılarak, pratikte % 70 oranında en çok karşılaşılan faz-toprak kısa devre hata durumu için çözüm önerileri sunulmuş ve hata akımının değeri belirli seviyelerde sınırlandırılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen YNyn transformatör bağlantısı durumu ve 20 ohm topraklama direnci değeri için oluşacak hata akımının en düşük faz-toprak kısa devre akımı durumunu oluşturduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar enerji santrali, Elektrik güç sistemlerinin simülasyonu, Faz-toprak kısa devre hatası,, Nötr topraklama direnci, Güç akış kalitesi.

1. Introduction

The neutral grounding of the system, which refers to the connection between the neutral point of the transformer and ground, is of great importance when an unsymmetrical fault occurs in the power system. Failure in power systems cannot be predicted [1], [2], [3]. Therefore, protection equipment protects the system after a malfunction occurs. In order not to interrupt the system, protection elements, any failure that may occur in the network should be limited to a certain level and protection elements that can isolate them from the system as soon as possible should be activated [4]. In this context, whether the protection should be done according to current or voltage is determined according to the nature of the facility.

One of the short circuit faults that may occur in an electrical system is the phase-to-ground short circuit. Network connection types determine the maximum phase-to-ground short circuit current to occur in the network. The widely used application method in electrical installations in our country is to limit the phase-to-ground short circuit current of 154/34,5 kV power transformer to 995 A [5], [6], [7]. However, it is seen in literature reviews that this current is around 360 A in overhead lines and 800 A in underground cables [8], [9], [10]. Apart from this, an increase in fault current values is observed as a result of the increase in the short circuit on the low voltage (LV) side of the system [11]. For this reason, a short circuit fault in LV line should be limited to the minimum level before relay coordination, and then the calculation of relay coordination should be made. In this way, complexity and cost increase in relay coordination will be prevented.

Neutral grounding has two significant functions as long as the large fault currents circulate in the system, which cause the isolation weak points in the system to reach dangerous dimensions; and they can be controlled provided that the ground fault status is detected and the fault current that may occur is within the specified limit values. Therefore, the most suitable grounding system should be selected depending on the characteristics of the power system. In this study, electrical modeling of a wind farm consisting of seven wind turbines was carried out in the Digsilent PowerFactory program [12]. A solution was proposed for the phase-to-ground short circuit fault, which is the most common at the rate of 70% in practice, and the value of the fault current was tried to be reduced [13]. The smallest short circuit current for YNyn transformer connection was tried to be determined by changing the transformer connection type and grounding resistance values that are among the factors affecting the phase-to-ground short circuit analysis. It was foreseen that a facility that will be established by selecting the wrong parameters with this method will be the most correct solution to prevent any possible phase-to-ground fault from switching to island mode.

2. Material and Method

In this study, a single line scheme was created by modeling a wind power plant in Konya Ardıçlı region. Especially in the system with both network and generator, it was assumed that there are only static loads. In order to reveal the existence of the problem, many scenarios were created and short circuit analysis was performed using the DIGSILENT simulation program. For the system whose single line diagram is given in Figure 1, 3 different scenarios were created and simulation was realized. In each scenario, single-phase-to-ground fault was calculated at all terminals by changing the connection types or grounding resistance of the transformer. In this study, a single line scheme was created by modeling a wind power plant in Konya Ardıçlı region. Especially in the system with both network and generator, it was assumed that there are only static loads. In order to reveal the existence of the problem, many scenarios were created and short circuit analysis was performed using the DIGSILENT simulation program. For the system whose single line diagram is given in Figure 1, 3 different scenarios were created and simulation was realized. In each scenario, single-phase-to-ground fault was calculated at all terminals by changing the connection types or grounding resistance of the transformer.

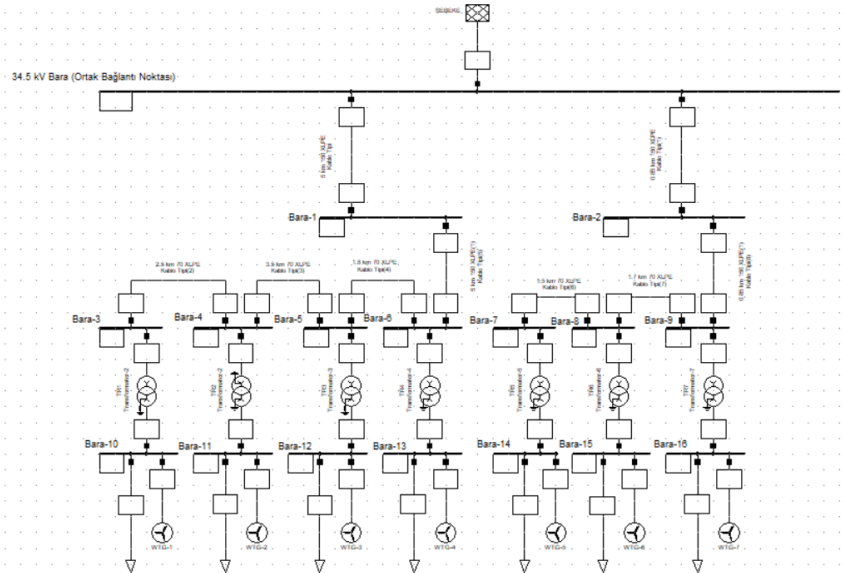


Figure 1. Single line diagram modeled in the DigSILENT program of the wind plant

Necessary protective measures must be taken to prevent the transformer from switching to island mode. Island mode is the state of operation in connection with the loads it feeds independently by disconnecting from the network so that the transformer is not affected as a result of a fault in the network. Protection methods are important for preventing such a situation and for uninterrupted energy transfer to the network [12], [14].

In renewable energy sources operating connected to the network, the system can also be affected by any fault that may occur. The system may switch to island mode in case of a fault. This situation makes it necessary to make earth fault protection. Accordingly, first of all, the phase-to-ground fault current in the system should be reduced by using a resistor or a Peterson coil. Primarily, taking such a protection measure in the transformer is a more effective method. This situation has been interpreted by finding the most effective method in this scenario. After the fault current is reduced with this method, the fault should be eliminated by making relay coordination according to the connection type of the network.

When the wind turbines are activated and out of service, a phase-to-ground short circuit was created in the system and the output results were recorded. As a result of the calculations, impulse current, initial symmetrical short circuit current, short circuit thermal current and short circuit power values were obtained. The short circuit created was realized for the maximum state according to the IEC 60909 standard. The most important factor affecting the phase-to-ground short circuit analysis is the connection type and grounding resistance of the transformer [15]. In this context, for transformer connection group and grounding resistance;

- Dyn connection and grounding resistance is determined as 0 ohm,
- YNyn connection and grounding resistance is determined as 0 ohm,
- YNyn connection and grounding resistance is determined as 20 ohm.

Phase-to-ground short circuit current and short circuit power were compared.

2.1. Dyn Transformer Connection And 0 Ohm Grounding Resistance

When the output results were examined as Dyn transformer connection part and 0 ohm grounding resistance, very high short circuit currents were observed on the side where the wind turbines were connected. This situation may cause a disruptive effect on the protection elements as well as overheating in the transformers. Table 1 shows the values of all bus bars when the turbines are on and off.

Table 1. Phase-to-ground short circuit values for Dyn transformer connection in the modeled system[12].

Fault Point	WPP On		WPP Off	
	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)
WPP 34.5 kV	4.30	85.56	4.18	83.33
Bus-Bar-1	3.63	72.27	3.53	70.32
Bus-Bar-2	4.17	82.97	4.06	80.82
Bus-Bar-3	2.47	49.18	2.40	47.88

Fault Point Dyn Connection	WPP On		WPP Off	
	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)
Bus-Bar-4	2.66	52.89	2.58	51.43
Bus-Bar-5	2.96	58.91	2.87	57.23
Bus-Bar-6	3.13	62.43	3.05	60.67
Bus-Bar-7	3.68	73.32	3.59	71.53
Bus-Bar-8	3.91	77.81	3.81	75.83
Bus-Bar-9	4.04	80.52	3.94	78.44
Bus-Bar-10	28.53	71.62	27.64	69.38
Bus-Bar-11	29.28	73.51	28.38	71.23
Bus-Bar-12	30.37	76.25	29.46	73.96
Bus-Bar-13	30.95	77.70	30.05	75.42
Bus-Bar-14	32.53	81.65	31.69	79.56
Bus-Bar-15	33.09	83.06	32.25	80.95
Bus-Bar-16	33.41	83.86	32.57	81.75

2.2. YNyn transformer connection and 0 ohm grounding resistance

The YNyn connection group was used by changing the transformer connection type, but the phase-to-ground short circuit current that occurs when the ground resistance is kept constant at 0 ohm was examined. Since the connection type was changed to YNyn, the fault will be fed from both the network and the wind turbines. In this situation, protection elements on both sides played an important role.

When the output results were examined, it was observed that results similar to Dyn connection were obtained, but there was a slight increase in short circuit currents on the grid side even though wind power plants were not active. It was observed that the short circuit currents increase on both the grid and the wind turbine side with the activation of the wind turbines. This situation shows the values in all bus bars in Table 2 when the turbines are not active.

Table 2. Phase-to-ground short circuit values for YNyn transformer connection in the modeled system [12].

Fault Point YNyn Connection	WPP On		WPP Off	
	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)
WPP 34.5 kV	4.38	87.33	4.27	85.02
Bus-Bar-1	3.71	73.83	3.60	71.80
Bus-Bar-2	4.25	84.68	4.14	82.44
Bus-Bar-3	2.52	50.23	2.45	48.87
Bus-Bar-4	2.71	54.06	2.64	52.53
Bus-Bar-5	3.02	60.25	2.94	58.50
Bus-Bar-6	3.21	63.85	3.11	62
Bus-Bar-7	3.75	74.75	3.66	72.89
Bus-Bar-8	3.99	79.39	3.88	77.33
Bus-Bar-9	4.13	82.18	4.02	80.01
Bus-Bar-10	35.25	14.04	34.77	13.85
Bus-Bar-11	36.04	14.36	35.57	14.17
Bus-Bar-12	37.19	14.81	36.73	14.63
Bus-Bar-13	37.79	15.06	37.35	14.88
Bus-Bar-14	38.89	15.49	38.53	15.35
Bus-Bar-15	39.46	15.72	39.10	15.58
Bus-Bar-16	39.79	15.85	39.44	15.71

2.3. YNyn transformer connection and 20 ohm grounding resistance

When the transformer connection type is YNyn and the grounding resistance is 20 ohm, the phase-to-ground short circuit current was examined. Here, the importance of grounding resistance emerged and short-circuit fault currents decreased with the grounding resistance of 20 ohm. This situation shows the values in all bus bars in Table 3 when the turbines are on and off.

Table 3. Phase-to-ground short circuit values for YNyn transformer connection and 20 ohm grounding resistance in the modeled system[12].

Fault Point	WPP On		WPP Off		
	YNyn Connection	$I_{k''}$ (kA)	$S_{k''}$ (MVA)	YNyn Connection	$I_{k''}$ (kA)
WPP 34.5 kV		4.38	87.33		4.27
Bus-Bar-1		3.71	73.83		3.60
Bus-Bar-2		4.25	84.68		4.14
Bus-Bar-3		2.52	50.23		2.45
Bus-Bar-4		2.71	54.06		2.64
Bus-Bar-5		3.02	60.25		2.94
Bus-Bar-6		3.21	63.85		3.11
Bus-Bar-7		3.75	74.75		3.66
Bus-Bar-8		3.99	74.17		3.88
Bus-Bar-9		4.13	82.18		4.02
Bus-Bar-10		0.02	0.01		0.02
Bus-Bar-11		0.02	0.01		0.02
Bus-Bar-12		0.02	0.01		0.02
Bus-Bar-13		0.02	0.01		0.02
Bus-Bar-14		0.02	0.01		0.02
Bus-Bar-15		0.02	0.01		0.02
Bus-Bar-16		0.02	0.01		0.02

A significant decrease was observed in the fault currents in the bus bars to which the wind turbines were connected, with the use of grounding resistance in these three different situations made in the phase-to-ground short circuit. It was revealed that the use of grounding resistance in wind turbines included in the system is necessary for protection. The graphic showing how the fault current and short circuit power changes with the change of the connection type and grounding resistance in the phase-to-ground short circuit fault is shown in Figure 2.

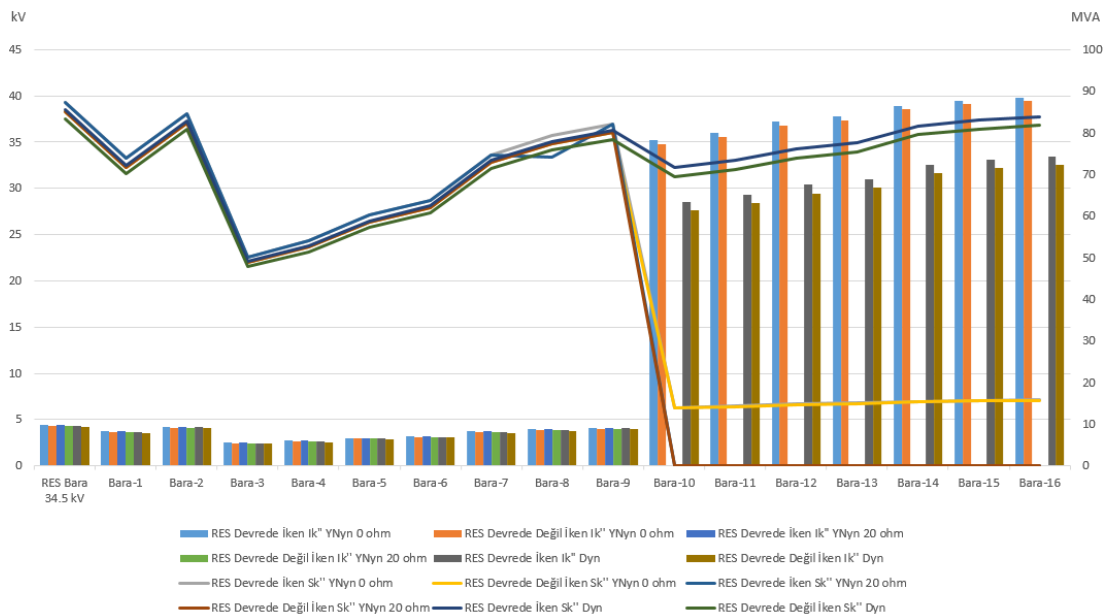


Figure 2. Phase-to-ground short circuit current and short circuit power graph

3. Results and Discussion

3.1. Result

These problems can be solved with the help of modern relays, but it is a more complex and costly method than this method. For this reason, in order to provide uninterrupted and high-quality energy, phase-to-ground short circuit faults will be limited with this method and the most probable fault in practice will be prevented.

3.2. Discussion

In this study, methods were investigated to prevent the generator from being affected by this fault and switching to island mode in the phase-to-ground short circuit that may occur in the system when the generator operates in parallel with the network. Accordingly, first of all, the phase-to-ground fault current that may occur in the system should be limited to a certain value by using a neutral grounding resistance or a Peterson coil. The short circuit current has an active and a reactive component. Therefore, the active component of the short circuit current can be limited by the resistance and the reactive component by the Peterson coil to be connected in series or parallel to the resistance. It is more effective to use such a neutral grounding medium voltage networks where generators are connected. Then, the fault should be eliminated by the relay coordination to be established according to the feature of the system and whether it is a radial or ring network.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the wind power plant with seven turbines was modeled electrically and a short circuit analysis was performed for three different scenarios that are likely to be encountered during the operation of the plant. In case the step-up power transformers, which are included in the system as a solution for the phase-to-ground fault encountered with a high rate of 70% as short circuit fault in practice, are connected as YNyn and a Peterson coil of 20 ohm is connected to the secondary part, it is concluded that the phase-to-ground short circuit current can be reduced from the level of 30 kA to the level of 0.02 kA. The low value of the short circuit current, which is tried to be shown by the study, played an important role in reducing investment costs by making the switchgear to be used during the establishment of the facility more economical.

References

- [1] Post Glover, "Applications Manual Ground Fault Protection on Ungrounded and High Resistane Grounded", 2001.
- [2] L, Heinhold," Power Cables and Their Applications", Published by Siemens , Berlin, 1990.
- [3] Dragomir, D., Golovanov, N., Postolache, P., Toader, C., "The connection to the grid of wind turbines", PowerTech, Bucharest, 2009.
- [4] E. Muljadi , V. Gevorgian, "Short-circuit modeling of a wind power plant" IEEE Power and Energy Society General Meeting, Detroit, MI, USA, USA, 2011.
- [5] Glover, J. D., Sarma, M. S., Overbye, T. J. ,Power System Analysis and Design. Cengage Learning, Stamford, 2008.
- [6] Kakilli, A., System analysis with the MVA Method for symmetrical three-phase faults. TEM Journal., Pg. 51-56, 2013.
- [7] M. R. Aghaebrahimi, M. Amiri, M. Kamali Moghaddam,"A short circuit study of an induction generator wind farm considering wind speed changes", 40th North American Power Symposium, Calgary, AB, Canada, 2008.
- [8] Mingyang, L.,Wenxia,P. ve Gang,Y.,"A new calculation method of short-circuit currents contributed by doubly-fed wind turbines cluster", IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, San Diego, CA, USA, 2017.
- [9] Nick, M., "Wind Power Optimal Capacity Allocation To Remote Areas Taking into Account Transmission Connection Requirements", IET Renewable Power Generation, 347-355, 2011.
- [10] R. J. Nelson ve H. Ma, "Short-circuit contributions of full-converter wind turbines", IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego, CA, USA, 2011.
- [11] Özcan M., Ünlerşen M.F., Mutluer M., "Financial Analysis Of The Solar Energy Plant Established In Konya Using The Production Data", Iv International Conference On Engineering And Natural Sciences (Icens), 2018.
- [12] Şen M., Rüzgâr Enerji Santrallerinin Modellenmesi ve Kısa Devre Analizi, Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.
- [13] Kim, I., Regassa R., Harley R.G., The modeling of distribution feeders enhanced by distributed generation in DigSilent. Photovoltaic Specialist Conference (PVSC) 2015 IEEE 42nd. IEEE, 14-19.
- [14] Şen M., Özcan M., 2020, Using Artificial Neural Network Approach For Valuation Of The Wind Speed, 9th International Conference on Advanced Technologies (ICAT'20), Turkey, İstanbul.
- [15] Stanley E. Manahan, Environmental Science and Technology: A Sustainable Approach to Green Science and Technology, CRC/Taylor & Francis, 2007.



Generation of Electrical Energy From OWC Based Wave Motion

Havvanur Dilşah Demirok¹, Hasan Erdiñ Koçer²

¹Konya Technical University, Institute of Science, Electrical and Electronic Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-6219-0343)

²Selçuk University, Faculty of Technology, Electrical and Electronical Engineering Department, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-0799-2140)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.804135)

ATIF/REFERENCE: Demirok, H. D. & Koçer, H. E. (2020). Generation of Electrical Energy From OWC Based Wave Motion. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 202-206.

Abstract

Nowadays, the human population is constantly increasing. Depending on this increase, the energy need is also increasing. The fact that resources such as coal and petroleum used in electrical energy production are limited and these limited resources will be insufficient in energy production in the future have made the conversion to renewable energy a necessity.

In this study, a system has been designed to generate electrical energy with wave energy, which is one of the renewable energy sources, and its output value has been measured on a voltage basis. Wells turbine was used to increase efficiency in the system. As a result, the mechanical energy generated by the rotating turbine affected by the air pressure has been converted into electrical energy.

Keywords: Wave Energy, Oscillating Water Column, OWC, Wells Turbine, Renewable Energy

OWC Tabanlı Dalga Hareketinden Elektrik Enerjisi Üretimi

Öz

Günümüzde insan popülasyonu sürekli olarak artış göstermektedir. Bu artışa bağlı olarak, enerji ihtiyacı da artmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kömür, petrol gibi kaynakların sınırlı olması ve bu sınırlı kaynakların, gelecekte enerji üretiminde yetersiz kalacak olması, yenilenebilir enerjiye dönüşü bir gereklilik haline getirmiştir.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan dalga enerjisi ile elektrik enerjisi üretmek için bir sistem tasarlanmış, çıkış değeri voltaj bazında ölçülmüştür. Sistemde verimliliğin artması için Wells türbini kullanılmıştır. Sonuç olarak hava basıncından etkilenecek dönen türbinin sayesinde oluşan mekanik enerji, elektrik enerjisine çevrilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dalga Enerjisi, Salımlı Su Kolonu, OWC, Wells Türbini, Yenilenebilir Enerji

1. Introduction

The use of non-renewable energy sources in electrical energy production has caused people to search for electricity generation in different ways due to the damage it causes to the environment and the gradual decrease of these resources. While energy is obtained from fossil fuels such as oil, coal and natural gas, CO₂ is emitted to the atmosphere. This heat-absorbing gas increases the average temperature of the world and as a result, global warming occurs, ice melts in the polar regions, climate changes occur, and climate changes negatively affect many situations such as the ecosystem, water resources, agriculture, health and sea level [1]. The continuous increase in the world population and the steady increase in energy needs have pushed humanity to renewable and less harmful energy production ways. Some of these renewable energy sources are; solar energy, wind energy, geothermal energy, hydraulic energy, wave energy. Although wind energy and solar energy are widely used, wave energy has not yet found its place and value in our world.

¹Corresponding Author:Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0000-0000-0000,dlsblkn@gmail.com

1.1. Wave Energy

It is the type of energy obtained through waves formed as a result of wind and external factors. Once formed, waves travel thousands of kilometers with very little energy loss. In order to use this energy, it is necessary to make measurements that take many years and are very expensive in the area to be used. In places where these measurements cannot be made, wind measurements, which are more economical, are made, and wave energy is calculated by using the formulas that give the relation between wind and wave. From this calculated energy, the amount of electrical energy that can be obtained with the help of one or more wave turbines placed at the measurement point can be determined [2].

1.2. Oscillating Water Column

The oscillating water column is within the shoreline applications of wave energy. The basic principle here is based on the trapping of air in a chamber. With wave movements, the air in this chamber is squeezed and transmitted outwards by a pipe. Meanwhile, the turbine on the transmission path rotates and generates mechanical energy. With the return of the wave, the negative air pressure turns the turbine again and energy is produced by a second movement. Turbines rotating in the same direction in both air flows and this will increase the efficiency, and for this reason Wells turbine was used in the study. Figure 1 shows an oscillating water column.

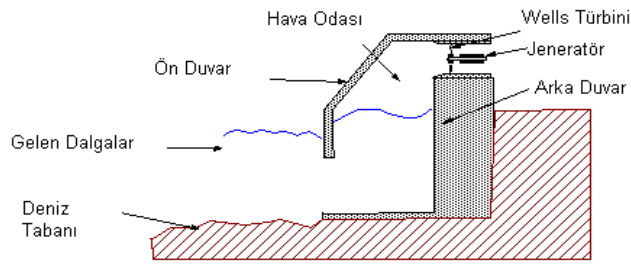


Figure 1. Oscillating Water Column System [3]

1.3. Wells Turbine

Wells turbine is an air turbine that rotates in one direction regardless of the direction of airflow. The oscillating water column was developed by Alan Arthur Wells in the late 1970s to be used in power plants [4]. The Wells turbine used in the study was obtained from the drawing in Figure 2 with a 3D printer.

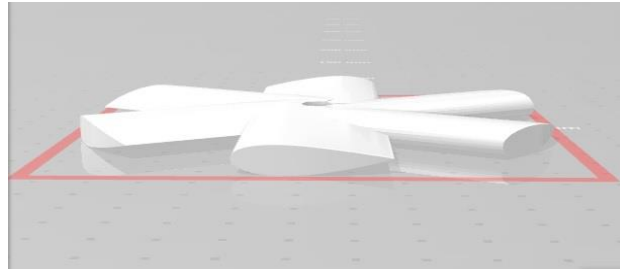


Figure 2.1. Wells Turbine side view

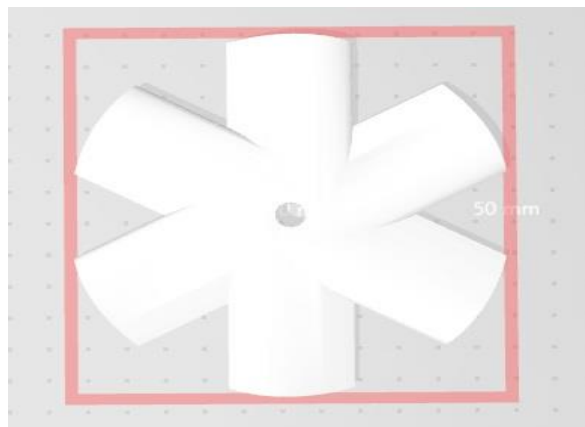


Figure 2.2. Wells Turbine view from above

2. Material and Method

2.1. Material

Materials used in the study;

- Glass reservoir where the wave will be created,
- Wells turbine
- The engine (generator) to which the turbine is connected
- Multimeter

2.1.1. Material Properties

An aquarium was used as a water reservoir in the study. The aquarium is 1-meter-long and 40 cm wide. The side and top views are as follows;



Figure 3. Side view of the glass container



Figure 4. Top view of the glass container

To prevent the wave from losing energy by hitting the corner, a sheet metal is placed in the chamber as shown in the figure. Thus, the water coming with the wave is transferred upwards.

The diameter of the air chamber on the aquarium is 14 cm. In the later stages of the work, ventilation pipes and Wells turbine will be installed here. Wells turbine to be used in the study was obtained by 3D printing. The wing diameter is approximately 12 cm.

The 13 Volt engine generator is connected to the turbine. The shaft of the engine is fixed in the center hole of the turbine. Thus, as the turbine rotates, the generator shaft will also rotate and mechanical energy will be converted into electrical energy.

A manual method was used to create waves.

A conventional multimeter is used to measure the voltage to be obtained from the generator output. This multimeter is connected to the motor via cables.

The view of the system with the completed material is as in Figure 5.

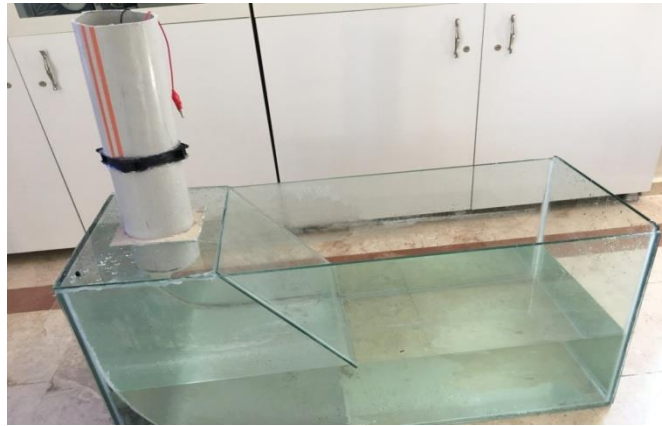


Figure 5. Completed system

2.2. Method

First, the glass reservoir was filled with approximately 0.4 m³ of water. Then, a wave was created manually from the open side of the chamber.

The flowing action consisted of two phases. In the first phases, the formed waves started to move up in the glass chamber and the air that was compressed. As the waves formed, the compressed air became flowing out through the turbine channel. Then the rotation movement begins in one direction and the speed of the turbine increased. In the second phase, the level of the water decreased in the glass chamber. Then the air became flowing in to the chamber through the turbine channel. The turbine rotates in the same direction because of its' special design.

In the generator connected to the shaft of the rotating turbine, electrical energy was produced as a result of this mechanical movement.

3. Results and Discussion

3.1. Results

As a result of the air flow generated when the system was operated, electrical energy was generated through the Wells turbine and generator. Approximately 13.5 Volt voltage was generated at the end of 120 seconds. The V-Time graph of the produced voltage is as in Figure 6.

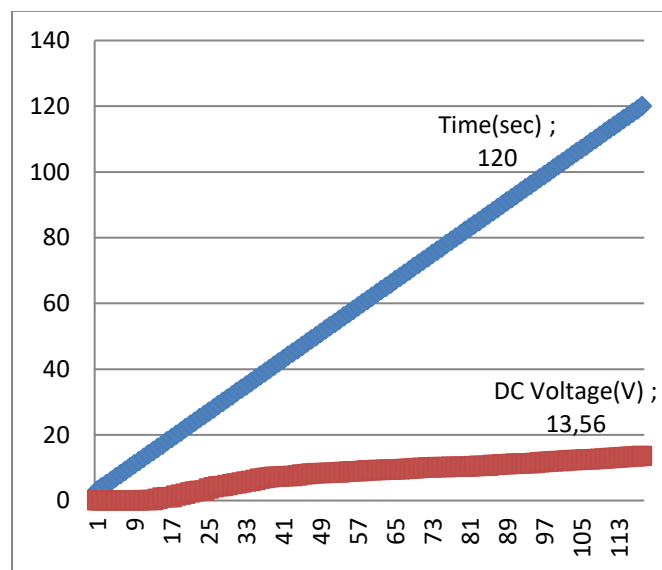


Figure 6. Voltage Produced Over Time

3.2. Discussion

In the laboratory environment, electrical energy was produced by waves created in a very small reservoir compared to the ocean and seas. The importance of using huge energy resources such as seas and oceans in our world, where the interest in renewable energy resources is increasing, has been proved with this study.

4. Conclusions and Recommendations

Thanks to the waves created in the system, there was an air compression and expansion in the air chamber. This compressed air came out with the help of pipes and then returned to the water reservoir in the same way. The Wells turbine on the road here started to rotate thanks to the air flow and accelerated within seconds. Electric energy has been started to be produced thanks to the generator connected to the turbine. Measurements were made with a multimeter connected to the generator, and the electricity generated as a result of 120 seconds was recorded as approximately 13.5 Volts.

I recommend the following items for future studies;

- The propeller and aquarium sizes to be used must be compatible with each other.
- There should be almost zero distance between the propeller blades and the chamber it is in, so that air leakage is prevented.

4. Acknowledge

I would like to thank my dear teacher Hasan Erdiñ Koçer and my family who helped me during the study phase.

References

- [1] Özkop, E. , Altas, İ. H., (2010) *Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi Maliyeti ve Çevresel Etkileri* 3e Electrotech No: 189.
- [2] Örer, G., Gürsel, K. T., Özdamar, A., Özbalta, N., (2003), *Dalga Enerjisi Tesislerine Genel Bakış*, II. Renewable Energy Resources Symposium, Turkey.
- [3] Ün, Ü. T., *Dalga Enerjisi Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu* Anadolu University, Department of Environmental Engineering, İki Eylül Campus, Eskişehir.
- [4] (2019) The Wikipedia website. [Online]. Available: <https://www.wikipedia.org/>
- [5] Uygur, İ., Demirci,, R., Saruhan, H., Özkan, A., Belenli, İ., (2006), *Batı Karadeniz Bölgesindeki Dalga Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması*, Journal Of Engineering Sciences, 12 (1) 7-13.
- [6] Yılmaz, M., (2012), *Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi*, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.
- [7] Sağlam, M., Sulukan, E., Uyar, T. S., (2010), *wave Energy And Technical Potential of Turkey*, Journal of Noval Science and Engineering, Vol.6, No.2, pp. 34-50.
- [8] Kapluhan, E., (2014), *Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Dalga Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu*, International Journal Of Eurasia Social Sciences, Vol. 6, No.17, pp. 65-86.
- [9] Varınca, K. B., Gönüllü, M. T., (2006), *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Çevresel Olumlu Etkileri*, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu.



Tracking the injury recovery of professional football players with infrared thermography: Preliminary Study

Mehmet Celalettin Ergene^{1*}, Ahmet Bayrak², Murat Ceylan³

¹ Konya Technical University, Engineering Faculty, Department of Electrical – Electronics Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-1167-146X)

² Selcuk University, Vocational School of Health Science, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-7854-6407)

³ Konya Technical University, Engineering Faculty, Department of Electrical – Electronics Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-6503-9668)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.805151)

ATIF/REFERENCE: Ergene, M. C., Bayrak, A. & Ceylan, M. (2020). Tracking the injury recovery of professional football players with infrared thermography: Preliminary Study. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 207-213.

Abstract

Infrared thermography is a non-invasive method of translating and viewing the radiating heat from the target surface collected by the infrared sensor into temperature as a digital image. Infrared thermography contains very useful data, especially for medical reasons. However, it has been accepted just recently. Although its usage is still questioned in sports medicine, recent studies claimed that infrared thermography can be used to examine muscle problems, injuries, and joint problems, etc. Sports medicine, physiotherapists, and medical imaging have vital importance for football teams and its' success. During a season football teams lose a lot of matches because of the high rate of injury. That is why preventing an injury has more importance for a football team than healing an existing injury. In consequence physiotherapists use many methods to prevent football players from being injured and monitorise the injury such as creatine kinase tests, muscle strength measurements, MRI, etc. However, these methods are either not enough successful or expensive. In our study, we have developed an image processing software to examine lower extremities muscle problems of football players when they occur and after they rested a day. With this software, we aim to help physiotherapists to regulate rehabilitation plan and decide when to end the rehabilitation. Thanks to this, physiotherapists can decide to rest the football players or start treatment so that they will not get injured unnecessarily and will have a lower risk of injury. Thorough this the success of the football teams will increase because the football players will not miss matches because of the extreme training or overlooked injuries. In our proposed method, with infrared thermography, 3 football players with documented injuries were observed. They have studied again after the football players rested for 1 day and the findings were analyzed. For that the thermographic color palette's RGB values are calculated in such a way that the upper and lower color values are discovered. In the next step, a binary mask is created, and this mask is blended with the grayscale original image, and the areas with muscle problems are displayed colored so that the physiotherapists can detect and examine problems easier. In the results part, it is shown that the areas are detected better than the human eye. It is concluded that with the help of the image processing algorithm muscle problems are detected successfully and the healing process after the resting is observed.

Keywords: Infrared thermography, computer vision, image processing, sports medicine, injury recovery tracking.

Profesyonel futbolcuların sakatlık iyileşiminin kızılötesi termografi ile takibi: Ön Çalışma

Öz

Kızılötesi termografi, kızılötesi sensör tarafından toplanan hedef yüzeyden yayılan ısıyı dijital bir görüntü olarak sıcaklığa çevirmek ve görüntülemek için kullanılan invazif olmayan bir yöntemdir. Kızılötesi termografi, özellikle tıbbi nedenlerle çok faydalı veriler içermektedir. Ancak yeni yeni araştırmacılar ve bilim adamları tarafından medikal alanda kabul görmeye başlamıştır. Spor hekimliğinde kullanımı hala sorgulanmakla birlikte, son araştırmalar kızılötesi termografinin kas problemlerini, yaralanmaları ve

* Konya Technical University, Engineering Faculty, Department of Electrical – Electronics Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-1167-146X), mcelalettin42@gmail.com

eklem problemlerini vb. incelemek için kullanılabileceğini kanıtlamaktadır. Futbol takımlarının başarısı için spor hekimliği, fizyoterapistler ve tıbbi görüntüleme hayati önem taşımaktadır. Bir sezonda futbol takımları, yaralanma oranının yüksek olması nedeniyle çok fazla maç kaybetmektedir. Bu nedenle, bir futbol takımı için bir sakatlığın önlenmesi, mevcut bir sakatlığı iyileştirmekten daha önemli hale gelmektedir. Bu nedenle fizyoterapistler, futbolcuların sakatlanmasını önlemek ve sakatlıkları izlemek için kreatin kinaz testleri, kas gücü ölçümleri, MRI vb. gibi birçok yöntem kullanmaktadırlar. Ancak bu yöntemler ya yeterince başarılı değildir ya da pahalı olmaktadır. Çalışmamızda, futbolcuların alt ekstremite kas problemlerini ortaya çıktığında ve bir gün dinlendikten sonra incelemek için bir görüntü işleme yazılımı geliştirdik. Bu yazılımla fizyoterapistlerin rehabilitasyon planını düzenlemelerine ve rehabilitasyonu ne zaman bitireceklerine karar vermelerine yardımcı olmayı amaçlamaktayız. Bu sayede fizyoterapistler, futbolcuların gereksiz yere yaralanmaması ve yaralanma riskinin daha düşük olması için futbolcuları dinlendirmeye karar verebilir veya tedavi uygulayabilir. Bununla birlikte futbol takımlarının başarısı artacaktır çünkü futbolcular aşırı antrenman veya gözden kaçan sakatlıklar nedeniyle maçları kaçırmama problem minimize edilmiş olacaktır. Önerdiğimiz yöntemde ilk olarak, kızılötesi termografi ile sakatlıkları belgelenmiş 3 futbolcu gözlemlendi. Futbolcular 1 gün dinlendirildikten sonra tekrar gözlemlendi ve bulgular analiz edildi. Gerekli yazılım için termografik renk paleti, üst ve alt RGB renk değerlerini bulmak için kullanılmıştır. Bir sonraki adımda binary bir maske oluşturularak bu maske gri tonlamalı orijinal görüntü ile harmanlanmış ve kas sorunu olan alanlar renkli olarak görüntülenmiştir, böylece fizyoterapistler sorunları daha kolay tespit edip inceleyebilecek duruma gelmişlerdir. Sonuçlar bölümünde, sorunlu alanların insan gözünden daha iyi ya da daha hızlı bir şekilde tespit edildiği gösterilmiştir. Sunulan görüntü işleme algoritması yardımıyla kas problemlerinin başarıyla tespit edildiği ve dinlenme sonrası iyileşme sürecinin gözlemlendiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kızılötesi termografi, bilgisayarlı görü, görüntü işleme, spor hekimliği, sakatlık iyileşimi takibi.

1. Introduction

Sports Medicine has grown over the past 30 years as an obvious sub-class of medicine (Edwards et al., 2006). Sports medicine is a branch of medicine aimed at treating sports athletes, changing their workouts, following their diets, following their injuries, and ensuring that they succeed after the injury. In sports medicine, many approaches help sports physicians analyze injuries on sports athletes, such as techniques for medical imaging. Between medical imaging techniques, there is one imaging technique that is considered useful and provides effective outcomes, but not many people regard it as a useful technique like other medical imaging techniques. Many researchers assume that thermography is a subjective technique that can come up with various conclusions from different studies. However, with the recent advances in thermography, the acceptability of the technique is growing. In recent years many studies have been carried on infrared imaging. While some of them were to define the standards in this field (Ring et al, 2004), some of them were to define protocols for recording the data and the evaluation of the images of the body parts of humans (Ammer, 2008). An example of such studies is the one in which, human body's thermographic atlas was described by Tkacova et al (Tkáčová et al. 2011). Another example is Hadzic et al. responded that the query could be used during exercise to track muscle exhaustion (Hadžić et al., 2019). As told before, in recent years the big amount of studies have been carried out on infrared thermography. One of the best studies to Show interest on infrared thermography is the one in which Costello et al. made statistical research on studies. That study showed that just in 2011 about 25000 articles were written with the keyword of skin temperature (Costello et al., 2013).

According to a private statistics provider, in the 2018-2019 football season in the premier league 764 players were injured and this amount is 15% higher than the last season so the graphic is increasing every year. Every injury costs £290.000 to clubs which makes on average total £11 million for all season for a team. These injuries were mostly on lower extremities and these injuries take 22 to 50 days to get better (Marsh, 2019). These injuries' reason is mostly is overusing of muscles while exercising. The problem is the more players exercise the more success increases. That is why football clubs and their physiotherapists try to make players exercise more. But they are searching for a method to observe the player and detect their muscle problems before they turn into an injury. For that they are using creatine kinase tests, isokinetic machines, or MRI to measure muscle strength or to find fatigue. However, these methods are either expensive, not successful enough or vary according to the player. That is why infrared imaging has just started to be used in sports medicine to observe fatigue and muscle problems. But there are not many multidisciplinary studies that merges engineering and medicine so that the problems can be found easily with the help of a software program.

In this study, we have proposed an image processing software to detect muscle problems via infrared imaging to give diagnostic support to physiotherapists and save time. In our proposed method 3 football players with known pains were observed with infrared thermography. After resting the football players for 1 day they were observed again and the results were examined. To examine players with the help of image processing the RGB values of the thermographic color palette are determined so that the upper and lower values of colors were learned. The next step is to detect the areas with higher degrees according to the color palette. After detecting the warmer areas, a binary mask was created with RGB values of warmer areas. Thereafter the pixels of the warmer areas were extracted from the original image. Later the original image converted to grayscale and the extracted colored pixels were blended so the warmer areas are displayed colored which makes the physiotherapist examine areas easier and decide. This method is explained more detailed in the material and method part and the results are shown in the results part of this paper. It is concluded that with the help of the image processing algorithm muscle problems are detected successfully and the healing process after the resting is observed.

2. Material and Method

2.1. The Subject Players and Obtaining the Images

In our research, we tracked professional Turkish Super League football players during their mid-season training camp with the approval of the *KTO Karatay University Medical Faculty Ethics Committee* (date: 24.04.2020 and no: 2020/005). In this camp, football players were observed after the training match with infrared thermography. 3 players were chosen with the known problems of;

- Player 1. Grade I hamstring strain problem (Fig 1a),
- Player 2. Tendinitis of Achilles (Fig 1b),
- Player 3. The scar under his foot so that the player forced his leg more (Fig 1c).

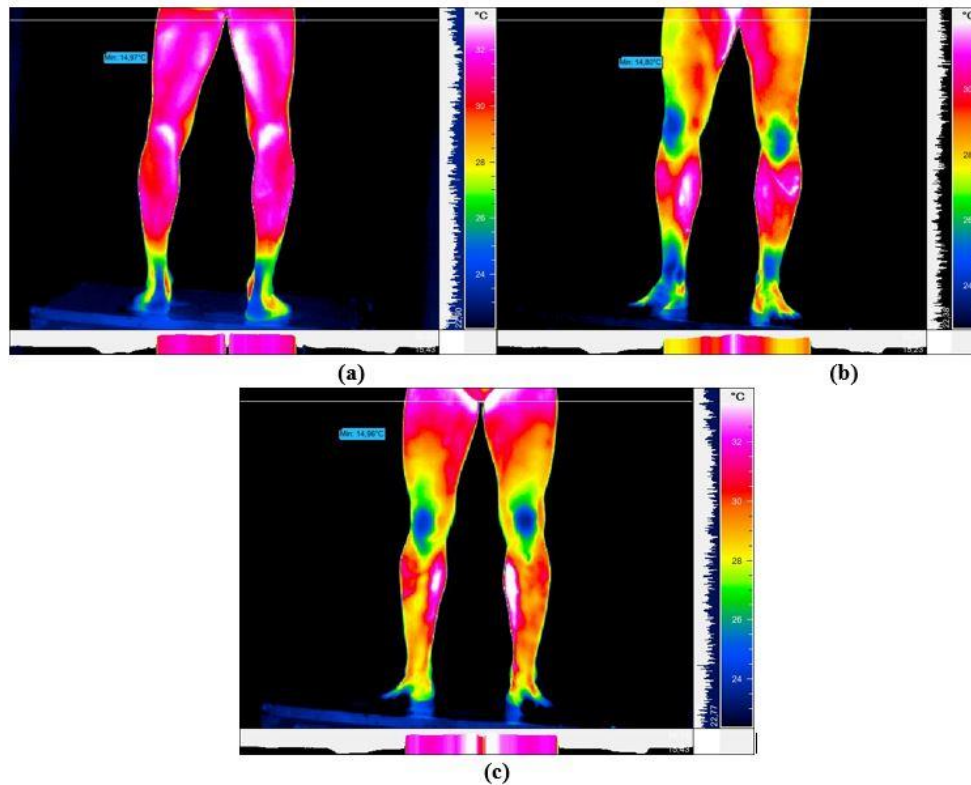


Figure 1. Subjects with known problems a) Player 1's posterior thermography. Inflammation and heat increase can be seen on the right hamstring. b) Player 2's posterior thermography shows that a heat difference can be spotted on the right calf. c) Player 3's anterior thermography shows heat increase on the left calf.

As the problems of players known, physiotherapists rested football players for 1 day. After resting for a day, football players were observed again and the results in Figure 2 were obtained. At the results, it is observed that inflammation and heat level is decreased on all players. Additionally, heat imbalance was not detected. All players told that they felt better.

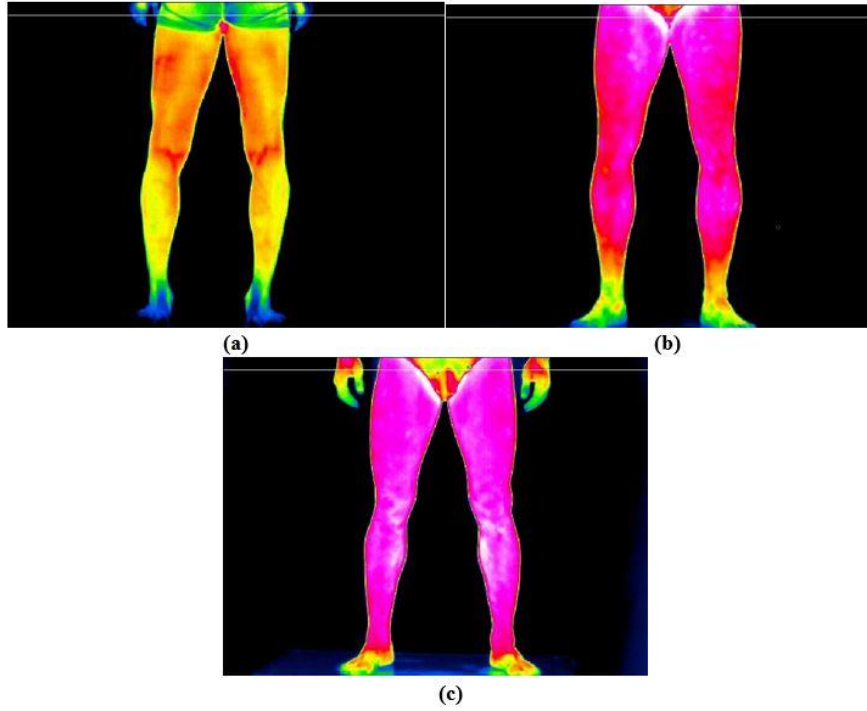


Figure 2. Subjects after resting a day a) Player 1's posterior thermography. Inflammation and heat decreased on the right hamstring. b) Player 2's posterior thermography shows that a heat difference was gone on the right calf. c) Player 3's anterior thermography shows heat was decreased on the left calf.

2.2. Image Processing

In the first step of the image processing algorithm, the RGB values of the thermographic color palette are determined so that the upper and lower values of colors were discovered (Figure 3).



Figure 3. Lower and upper RGB values are extracted from the color palette

In the next step, areas with higher degrees thresholded according to the RGB values obtained from the color palette. In most image processing applications containing thresholding according to the color space, HSV color space is used. HSV usage on such applications aims to eliminate the effect of brightness and ambient lighting on image (Ali et al., 2013). The reason for the usage of RGB color space in this study is the images are already unaffected by the light because the infrared sensor is digitalizing the images irrelevant to the light but relevant to the radiating heat. In Figure 4 an example to the threshold and creating a binary mask is shown.

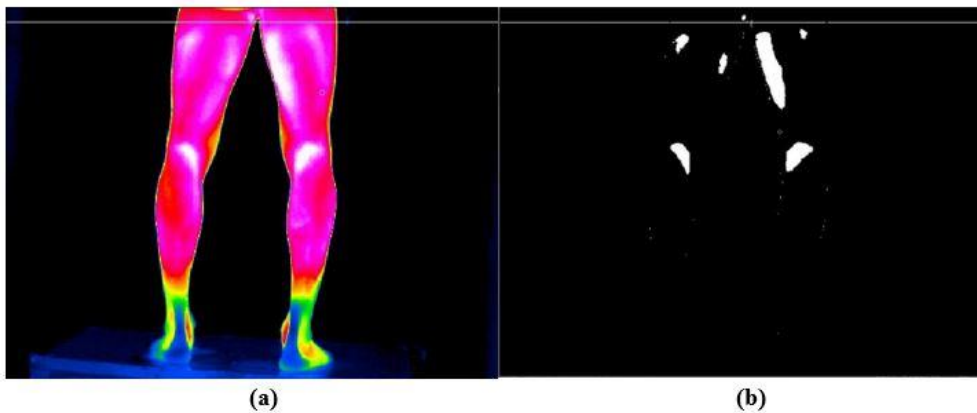


Figure 4. a) Original image, b) Thresholded image (mask) according to lower and upper RGB values

Later the pixels of the warmer areas (Fig. 4b) were extracted from the original image (Fig. 4a). After that, the original image converted to grayscale, and the extracted colored pixels were blended to display warm areas colored so that the physiotherapist can examine the areas easier and diagnose the problem (Fig. 5).

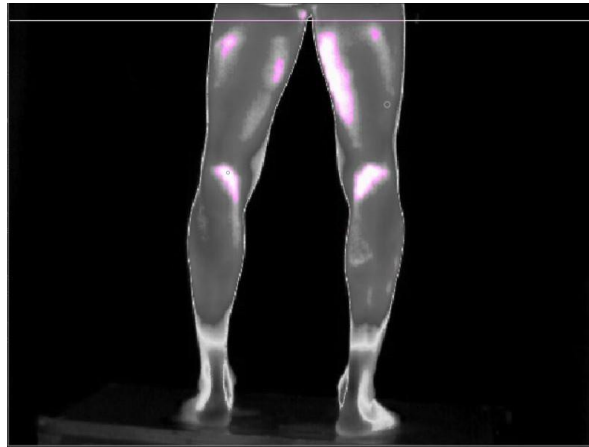


Figure 5. Blended final image with heated areas colored and displayed clearly

After obtaining the final image, the results for all players are shown and discussed in the next section.

3. Results and Discussion

After image processing algorithm all images are masked successfully and explained detailed in this section for every player.

3.1. Player 1

The player 1 had a grade I hamstring problem. The hamstring problem causes inflammation and increase the heat on muscle. While observing this problem inflammation area size and temperature of the area are considered. As can be seen in Figure 6a there is some heat increase. However, in Figure 6b it can be seen clearly where the increase is, and which muscles are affected.

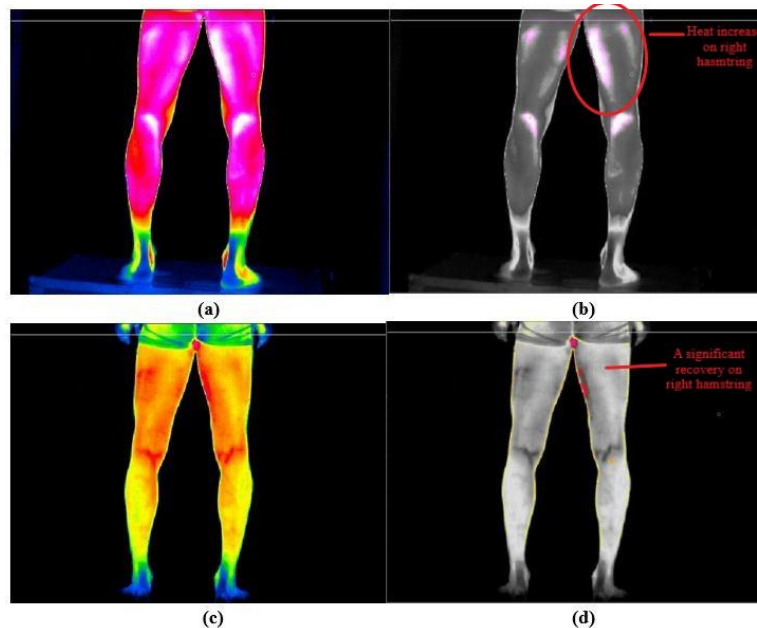


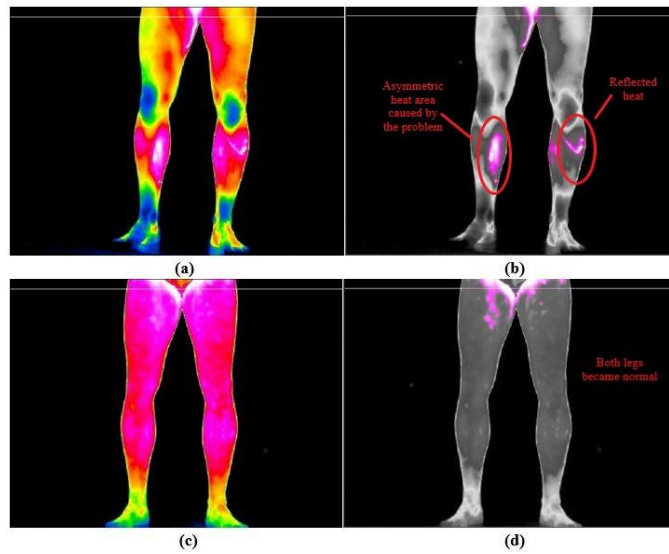
Figure 6. Algorithm result for Player 1 before the treatment and resting (upper row).
The results after the treatment and resting (lower row)

In the figure it is seen on the right inner hamstring of the player there is an inflammation. After seeing this result physiotherapists applied the necessary treatment to the exact area. Also, they have pointed out that the result is successful according to their medical examinations. After the treatment, the player rested and observed again (Figure 6c, d). In the figure, it is showed that the resting and treatment success and the heat on the right inner hamstring became normal. Just a small area was observed. So, the player was able to recover after minor treatment. The results showed that if that player kept exercising the injury would become more critical and the player could miss about 20 days of playing and exercising.

3.2. Player 2

The player 2 had tendinitis of the Achilles problem. This problem causes inflammation and increases the heat on the posterior ankle and anterior inner calf. While observing this problem inflammation area size and temperature of the area are considered. As can

be seen in Figure 7a there is some heat increase on both legs. However, in Figure 7b it is observed exactly which leg has the problem and where the increase is, also which muscles are affected. The problem on the right leg is observed as the heat increase on the right inner calf of the player. The reason of the heat increase on the left leg is when the player felt pain on the right leg the player started avoiding forcing the right leg and used his left leg more. This caused a reflected heat on the left leg.

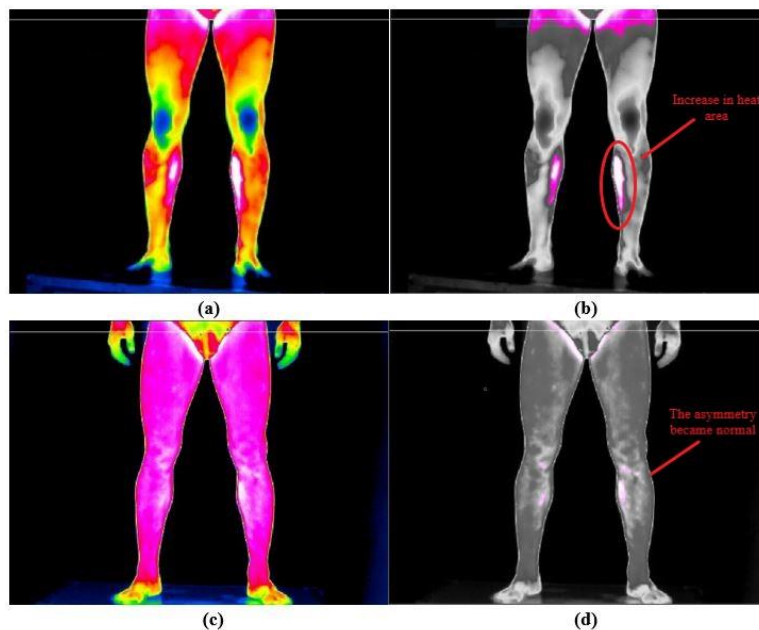


*Figure 7. Algorithm result for Player 2 before the treatment and resting (upper row).
The results after the treatment and resting (lower row)*

Again, physiotherapists started the necessary treatment and the player rested for one day. After the treatment, the player rested and observed again (Figure 7c, d). In the figure, it is showed that the resting and treatment success and the heat on the right inner calf became normal also the reflected heat was gone. So again, the player was able to recover after minor treatment. The results showed that this minor treatment saved the player. Because of this injury went worse this player could have up to 50 days of treatment.

3.3. Player 3

Player 3 had a scar under his right foot. In Figure 8 (a, b), a heat increase is observed on the left calf. The reason of this is the reflected heat explained in player 2's case. Because of the pain on his right foot, an imbalance on the player's movement occurred, and pressed on his foots imbalanced. This case shows the importance of reflected heat and infrared thermography because in normal treatment just the scar would be treated, and the leg would be missed. However, thanks to infrared thermography and our algorithm, physiotherapists started treatment on the leg too and the player rested for a day.



*Figure 8. Algorithm result for Player 3 before the treatment and resting (upper row).
The results after the treatment and resting (lower row)*

After the treatment, the player rested and observed again (Figure 8c, d). In the figure, it is showed that the resting and treatment success and the heat on the right inner calf became normal also the reflected heat was gone. As result, the player was able to recover after minor treatment. The results showed that if that player kept exercising or the muscle problem on legs missed the injury would become more critical and the player could miss up to 30 days of playing and exercising.

4. Conclusions and Recommendations

The results showed the importance of infrared thermography and image processing for diagnostics support clearly. If our algorithm did not apply the players' problems could turn into severe injuries. This could cause them to miss matches and exercises, treatment costs would increase, and the team's success would decrease. Another importance of this study is the algorithm and the results are proved by professional medical staff. The paper's contributions to literature are; there are not many studies on infrared thermography on sports medicine especially on professional football players, as known this study is one of the first multidisciplinary studies carried on professional football players with infrared thermography and image processing which merges sports medicine and engineering. This paper proved that image processing for diagnostic support for detecting injuries has great importance for physiotherapists and football clubs.

In future studies, we are aiming to implement more image processing algorithms, machine learning, and artificial intelligence methods such as traditional machine learning algorithms or deep learning to increase the success and maybe in the future these algorithms will transcend the limits of human capabilities and maybe will prevent all injuries caused by overusing and extreme training. We believe that this paper will be a source of inspiration for other studies.

References

- Edwards, S. D., & McNamee, M. (2006). Why sports medicine is not medicine. *Health Care Analysis*, 14(2), 103-109.
- Ring, E. F. J., Ammer, K., Jung, A., Murawski, P., Wiecek, B., Zuber, J., ... & Jones, B. F. (2004, September). Standardization of infrared imaging. In *The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (Vol. 1, pp. 1183-1185). IEEE.
- Ammer, K. (2008). The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermol Int*, 18(4), 125-44.
- Tkáčová, M., Hudák, R., Živčák, J., & Sidun, J. (2011, June). Thermographic atlas of the human body. In *2011 15th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems* (pp. 427-429). IEEE.
- Hadžić, V., Širok, B., Malneršič, A., & Čoh, M. (2019). Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. *Journal of sport and health science*, 8(1), 89-92.
- Costello, J., Selfe, J., Donnelly, A. E., Karki, A. I., & Stewart, I. B. (2013). Use of thermal imaging in sports medicine research: a short report: short article. *International SportMed Journal*, 14(2), 94-98.
- Marsh JLT Specialty. (2019). Football Injury Index. <https://www.kinesport.info/attachment/1665451/#:~:text=On%20average%2C%20EPL%20clubs%20suffered,season%20%E2%80%94%20around%20one%20per%20game%20.&text=Between%20them%2C%20Arsenal%2C%20Chelsea%2C,for%2054%25%20of%20injury%20costs%20>.
- Ali, N. M., Rashid, N. K. A. M., & Mustafah, Y. M. (2013). Performance comparison between RGB and HSV color segmentations for road signs detection. *Applied Mechanics and Materials*, 393(1), 550-555.



Kamu Binalarında Mevcut Aydınlatma Elemanlarının LED Aydınlatma Elemanlarına Dönüştürülmesi ile Elde Edilecek Elektrik Enerjisi Tasarrufunun Belirlenmesi

Sema Yılmaz^{1*}, Cemil Sungur²

¹ Selçuk Üniversitesi, Bozkır Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804256)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, S. & Sungur, C. (2020). Kamu Binalarında Mevcut Aydınlatma Elemanlarının LED Aydınlatma Elemanlarına Dönüştürülmesi ile Elde Edilecek Elektrik Enerjisi Tasarrufunun Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 214-218.

Öz

Her zaman önem arz eden elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak kadar onu tasarruflu kullanmak oldukça önemlidir. Bunun için Kamu binalarında kullanılan aydınlatma elemanlarının tükettiği elektrik enerjisinin ne kadar verimli olduğu konusunda bir incelemeye ihtiyaç duyulmuştur.

Bu çalışmanın amacı günümüzde floresan lambalar ve tasarruflu ampullerin alternatifi olarak kullanılmaya başlanan ve düşük güç harcayan LED (Light Emitting Diode, Işık Yayan Diyot) aydınlatma ürünlerinin kullanılmasıyla elektrik enerjisi tasarrufu elde edilebileceğini belirlemektir.

Bunun için okullarda hâlihazırda kullanılmakta olan aydınlatma elemanlarının, LED aydınlatma elemanlarına dönüştürülmesi ile oluşacak enerji tasarrufu hesaplanacaktır. Böylece aydınlatma elemanlarının değiştirilmesiyle önemli miktarda elektrik enerjisi tasarrufu sağlanabileceğinin kanıtlanması amaçlanmaktadır.

Kamu binalarında Elektrik enerjisi tasarrufunun artırılmasına katkıda bulunmayı amaçlayan çalışmanın sonucunda pilot olarak belirlediğimiz kamu binasındaki gücü 40 watt olan aydınlatma elemanlarını, 24 watt led aydınlatma elemanları ile değiştirerek elektrik enerjisi tüketiminden yıllık %40 oranında tasarruf edileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Enerjisi Tasarrufu, LED Lamba, Enerji Verimliliği, İç Aydınlatma, Kamu Binalarında Enerji Tasarrufu

Determination of Electrical Energy Savings When Existing Lighting Elements in Public Buildings are Transformed into LED Lighting Elements

Abstract

It is very important to use it economically as well as meeting the electrical energy need, which is always important. For this, it was necessary to examine how efficient the electrical energy consumed by the lighting elements used in public buildings is.

The aim of this study is to determine that electrical energy savings can be achieved by using LED (Light Emitting Diode) lighting products, which are used today as an alternative to fluorescent lamps and energy-saving lamps and consume low power.

For this, energy savings will be calculated by transforming the lighting elements currently used in schools into LED lighting elements. Thus, it is aimed to prove that a significant amount of electrical energy can be saved by changing the lighting elements.

As a result of the study aimed at contributing to the increase of electrical energy savings in public buildings, it was determined that 40 percent savings would be achieved when lighting elements in the pilot public building with a power of 40 watts were replaced with 24 watt led.

Keywords: Electric Energy Saving, LED Lamp, Energy Efficiency, Energy Savings in Public Buildings.

* Sorumlu Yazar: Sema Yılmaz, Selçuk Üniversitesi, Bozkır Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü Bozkır/Konya, ORCID: 0000-0000-0000-0000, semayilmaz@selcuk.edu.tr

1. Giriş

Enerji tasarrufunun ülke ekonomisine sağlayacağı olumlu katkılar büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Tasarruf edilen enerji, en kolay elde edilen enerjidir. Aydınlatmada enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın şartları yerine getirilerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanacağı için, aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür (Perdahçı ve Hanlı, 2010).

Aydınlatmada yapılacak iyileştirmeler, bina işletme maliyetlerini %10 azaltarak, %30'dan fazla enerji tasarrufu sağlayabilir (Özdeniz, 2018).

Kamu binalarında aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın kuralları yerine getirilerek yapılmalıdır (Gökmen, 2006). Kaliteli aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanacağı için, aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür (Örücü, 2017). Verimli bir aydınlatma ile daha çok elektrik enerjisi tasarrufu sağlanacaktır (Meral, Ahmet ve Tümay, 2009).

Bu nedenlerle günümüzde mevcut aydınlatma elemanlarına alternatif olarak %85 enerji tasarrufu sağlayan, LED lambaları kullanmaya başlamak zorunlu hale gelmiştir (Yenilenebilir Enerji, 2017).

Bu çalışmada; aydınlatmada yapılacak enerji tasarrufunun sağlayacağı yararlar, doğru ve verimli bir aydınlatma için yapılması gerekenler ve aydınlatmada enerji tasarrufu yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar belirlenecektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada pilot kamu binası olarak Konya ili Bozkır İlçesi Milli Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı 16 derslikli Derviş Mustafa Öztunç İlköğretim Okulu seçilmiştir. Çalışmanın başlangıcında İlk olarak okuldaki aydınlatma amacı için kullanılan lambaların günlük, aylık ve yıllık kullanım süreleri, hesaplanarak ve güçleri tespit edilmiştir. Alınan bu değerlerden hareketle örnek okulun aydınlatma sisteminin yıllık elektrik enerjisi tüketim miktarı hesaplanmıştır.

Bu okulda bulunan sınıf, laboratuvar, öğretmenler odası, kütüphane, vs. olarak kullanılan birimlerin aydınlık düzeyleri ölçülmüş, çıkan sonuçların, Elektrik Mühendisleri Odası tarafından yayımlanan En Az Aydınlatma Düzeyleri Tablosunda verilen standartlara uygun olup olmadığı karşılaştırılmıştır.

İkinci adımda mevcut aydınlatma elemanlarının LED lambalarla değiştirilmesi sağlanarak aynı birimler için aydınlık şiddeti ölçümler tekrarlanmıştır.

Elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile bir yıl içerisinde pilot okulda aydınlatma sisteminin harcadığı elektrik enerjisinden elde edilecek tasarruf miktarı hesaplanmıştır. (Bozkır Kaymakamlığı, 2018).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Okul Ortam Aydınlatma Düzeylerinin Durumu

Okuldaki ortamların aydınlık düzeyleri ölçüm sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır. Yönetmeliğe göre sınıfların aydınlık şiddetleri 300 lüks laboratuvarların 500 lüks olması gerektiği bilinmektedir (EMO, 2017). Buna rağmen başta sınıflar olmak üzere ortamların aydınlatma şiddetleri lambalar ister açık ister kapalı olsun yönetmelikte belirtilen değerlerden oldukça düşük düzeydedir (Tablo 1).

Tablo 1. Okuldaki Ortamların Aydınlık Düzeyleri

Ortam	40 Watt Floresan Lamba Aydınlık Düzeyi- (LÜX)	
	Lambalar KAPALI	Lambalar AÇIK
1-A Sınıfı	49	147
1-B Sınıfı	45	145
1-C Sınıfı	34	157
2-A Sınıfı	50	150
2-B Sınıfı	45	144
2-C Sınıfı	60	154
Ana Sınıfı 1	160	184
Özel Eğitim Sınıf 1	141	175
3-A Sınıfı	84	127
3-B Sınıfı	80	130
3-C Sınıfı	75	140
4-A Sınıfı	132	169
4-B Sınıfı	28	45
4-C Sınıfı	55	90
Ana Sınıfı 2	155	190
Özel Eğitim Sınıfı 2	130	160
Bodrum Koridor	3	50
Birinci Kat Koridor	7	44
Zemin Kat Koridor	2	41
Fen Laboratuvarı	56	0
Kütüphane	60	205
Öğretmenler Odası	86	150
Müdür Odası	108	216
Müdür Yardımcısı	90	140

3.2. Okuldaki Mevcut Aydınlatma Elamanlarının Elektrik Enerjisi Tüketimi

Okulda bulunan ortamların, dolayısı ile aydınlatma elemanlarının kullanım süreleri farklıdır. Şöyle ki, Millî Eğitim Bakanlığına bağlı okullarda bir yılda toplam 180 iş günü eğitim öğretim yapılmaktadır. Okuldaki ortamların kullanım süreleri farklı olduğu için hesaplamalarda, aydınlatma elemanlarının kullanım süreleri ortalama değerler alınmıştır. Buna göre lamba kullanım süreleri bir yılda, 180 iş günü günlük 2 ila 8 saat alınırken, bazılarının kullanım süreleri bir yılda 90 iş günü yarım saat ila 6 saat arasında alınmıştır. Tüm bunlar dikkate alınarak okulda bulunan 246 adet 40 watt floresan lambanın yıllık elektrik enerjisi tüketimi 6474,04kwh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Okulda Lamba Tasarruf Edilmesi Planlanan Elektrik Enerjisi Miktarı

Ortam	Bodrum Kat Lamba Adedi	Zemin Kat Lamba Adedi	Normal Kat Lamba Adedi	Günlük Kullanım Süresi – Saat	Yıllık Kullanım Süresi – Gün	40 Watt Floresan Lamba ile Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi – kwh	24 Watt LED Lamba ile Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi – kwh	Floresan Lamba ile 24 Watt LED Lamba Kullanımı Arasındaki Fark, Yıllık Elektrik Enerjisi Tasarrufu – kwh	24 Watt LED Ampul Bağlanması ile Bir Yıllık Elektrik Enerjisi Tasarrufu	10 Watt LED Lamba ile Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi – kwh	Floresan Lamba ile 10 Watt LED Lamba Kullanımı Arasındaki Fark, Yıllık Elektrik Enerjisi Tasarrufu – kwh	10 Watt LED Ampul Bağlanması ile Bir Yıllık Elektrik Enerjisi Tasarrufu
Koridor 1	8			4	180	230,4	138,24	92,16	%40	57,6	172,8	%75
Koridor 2		16		8	180	921,6	552,96	368,64	%40	230,4	691,2	%75
Koridor 3			24	8	180	1382,4	829,44	552,96	%40	345,6	1036,8	%75
Fen Lab.	8			2	180	115,2	69,12	46,08	%40	28,8	86,4	%75
Yemekhane	12			2	180	172,8	103,68	69,12	%40	43,2	129,6	%75
Bulaşıkhanesi	1			2	180	14,4	8,64	5,76	%40	3,6	10,8	%75
Top. Salonu	16			4	4	10,24	6,144	4,096	%40	2,56	7,68	%75
Arşiv	1			0,5	90	1,8	1,08	0,72	%40	0,45	1,35	%75
Depo (3 adet)	8			0,5	90	14,4	8,64	5,76	%40	3,6	10,8	%75
Normal Sınıf (14 adet)		64	64	6	90	2764,8	1658,88	1105,92	%40	691,2	2073,6	%75
Ana Sınıfı		2		8	180	115,2	69,12	46,08	%40	28,8	86,4	%75
Özel Eğitim Sınıfı (2 adet)		4		8	180	230,4	138,24	92,16	%40	57,6	172,8	%75
Müdür Odası			2	1	90	7,2	4,32	2,88	%40	1,8	5,4	%75
Müdür Yard.			2	1	90	7,2	4,32	2,88	%40	1,8	5,4	%75
Öğret. Odası			8	8	180	460,8	276,48	184,32	%40	115,2	345,6	%75
Güvenlik Odası		1		1	90	3,6	2,16	1,44	%40	0,9	2,7	%75
Hizmetli Odası		1		1	90	3,6	2,16	1,44	%40	0,9	2,7	%75
Kütüphane			2	2	90	14,4	8,64	5,76	%40	3,6	10,8	%75
Mescid			2	0,5	90	3,6	2,16	1,44	%40	0,9	2,7	%75
TOPLAM						6474,04	3884,424	2589,616	%40	1618,5	4855,53	%75

Okuldaki 40 watt floresan lambalar 24 watt LED lambalarla değiştirildiği takdirde bir yılda 2589,616 kwh elektrik enerjisi tasarrufu elde edilecektir. Bu da aydınlatma sisteminden yaklaşık olarak bir yılda %40 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağlanacak demektir.

Aynı şartlar altında floresan lambalar eğer 10 watt LED ampullerle değiştirilirse aydınlatma sisteminin yıllık elektrik enerjisi tüketimi 4855,53 kwh olacaktır. Bu da aydınlatma sisteminden bir yılda %75 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağlanacak demektir. Tablo 2’de ayrıntılar yer almaktadır.

Buna göre LED lamba teknolojisi, floresan lambalarla kıyaslandığı zaman; aydınlık şiddeti yüksek, harcadığı güç az ve şebekeden çektiği akım daha az olduğundan elektrik enerjisi tasarrufu yapılması için en uygun lamba çeşididir (Floresanın Zararları, 2017).

Aydınlatma elemanlarının değişimi ilk başta okula ya da kuruma bir maliyet getirecektir. Ancak bu maliyet elektrik enerjisinden elde edilecek kar ile kısa sürede karşılanacaktır (Resmî Gazete, 2007).

4. Sonuç

Bu uygulama çalışması örnek alınarak Türkiye genelinde, kamu binalarında aydınlatma elemanlarının değiştirilmesi halinde büyük miktarlarda elektrik enerjisinden tasarruf edileceği tahmin edilmektedir.

Ülkemizde elektrik enerjisini verimli kullanmak son derece önem arz etmektedir. Şöyle ki; TEİAŞ tarafından paylaşılan elektrik enerjisi üretiminde yerlilik bilgileri Tablo 3’te yer almaktadır. Bu tabloya göre, 16.08.2017 Çarşamba günü 945.000.048 kwh elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir (TEİAŞ, 2019). Bunun %41,24’ü yerli kaynaklardan, %58,76’sı ise ithal kaynaklardan karşılandığı tablodan anlaşılmaktadır.

Tablodan da görüldüğü gibi bu çalışma acilen uygulamaya konulması gereken bir çalışmadır.

Tablo 3. 16.08.2017 Tarih İtibari ile Elektrik Enerjisi Üretiminde Yerlilik Oranı

16.08.2017 Elektrik Enerjisi Üretiminde Yerlilik Oranı		
Yerli kaynaktan üretim	389.718.188 kwh	%41,24
İthal kaynaktan üretim	555.281.860 kwh	%58,76

Tüm bunlar dikkate alındığı zaman daha az güç harcayan, daha az akım çeken ve de aydınlık şiddeti floresan lambalardan daha yüksek olan LED lamba aydınlatması, elektrik enerjisi tasarruf etme elemanlarından biri olacaktır.

Özellikle ve öncelikle okullarda sonra da kamu binalarında ivedi olarak LED lamba kullanımının yaygınlaştırılması bunun için de sorumluların bilinçlendirilmesi hatta bu konularda eğitimler verilmesi gerekmektedir.

Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda pilot olarak seçilen kamu binasında mevcut akkor flemenli ve floresan lambaların LED ampullerle değiştirilmesi sonucunda yaklaşık %40 oranında tasarruf edilebileceği belirlenmiştir. Bu değer enerji konusunda dışa bağlı olan ülkemiz için oldukça önemlidir.

Teşekkür

Bu makale 18401006 no.lu BAP projesinden yayımlanmıştır. Bu çalışmaya, desteklerinden dolayı Bozkır Kaymakamı'na, Bozkır İlçe Milli Eğitim Müdürü'ne teşekkür ederim.

Kaynakça

- Özdeniz, D. Ofislerde Aydınlatma Otomasyonu, (05.12.2018), http://www.emo.org.tr/ekler/0d965fca19f20cc_ek.pdf
- Meral, M. E., Ahmet, T., ve Tümay, M. (2009). Elektrik tesislerinde enerji verimliliği. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 14(1).
- Örücü, O. (16.08.2017). LED ampullere doğru. http://www.emo.org.tr/ekler/c132bf75f698eed_ek.pdf?dergi=905
- Enerji verimliliği. (16.08.2017). <https://yenilenebilirenerjiproje.wordpress.com/author/globalproje/page/2/>
- Yük Tevzi Bilgi Sistemi. (06.01.2019). https://ytbs.teias.gov.tr/ytbs/frm_login.jsf
- Elektrik Mühendisleri Odası. (16.08.2017). http://www.emo.org.tr/ekler/c132bf75f698eed_ek.pdf?dergi=905
- Gökmen, M. (2006). Sihirli Formül Tasarruf. (10.01.2019) <http://www.yeniasya.com.tr/2006/12/20/dizi/default.htm>
- Bozkır Kaymakamlığı. (2018). Bilgi İhtiyacı, Sayı: 19923680-492-E.274.
- Perdahçı, C. ve Hanlı, U., “Verimli Aydınlatma Yöntemleri” *3E Electrotech*, Mart 2010.
- Floresanın Zararları, (20.07.2017) <https://www.ledayled.com/beni-oku-floresanin-zararlari/>
- Resmî Gazete. (2007). Tasarruf Tedbirleri Genelgesi. (20.09.2018) <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/01/20070118-13.htm>



Mapping Methods With Unmanned Aerial Vehicles "A Review"

Havvanur Dilşah Demirok^{1*}, Cemil Sungur², Hakan Terzioğlu³

¹Konya Technical University, Institute of Science, Electrical and Electronic Engineering Department, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-6219-0343)

²Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Electrical and Electronic Engineering Department, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-2340-6225)

³Konya Technical University, Vocational School of Technical Sciences, Electricity and Energy Department, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.804242)

ATIF/REFERENCE: Demirok, H. D., Sungur, C. & Terzioğlu, H. (2020). Mapping Methods With Unmanned Aerial Vehicles "A Review". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 219-225.

Abstract

A map is a bird's-eye view of a part of an area with a certain scale to be used for a specific purpose. All of the methods and processes used to create a map can be called mapping. In the map creation process, many images are combined into a whole. Although the images required for creating maps, were obtained in the past years by terrestrial methods, with the development of technology in time, they were taken from airplanes and balloons by aerial methods. Later, unmanned aerial vehicles (UAV) developed and became widespread in the field of mapping because they are more advantageous compared to other methods.

In mapping with unmanned aerial vehicles, firstly the determined area is scanned and the take-off, landing points and potential dangers of the UAV are determined. A flight plan is made for the UAV. The UAV takes flight and photographs of the land are taken. Then, these photographs are uploaded to the computer to create a map, and the map is created by making corrections with the help of a map creation software such as PhotoScan and Pix4D. On the created map; Information such as position information of any point, direction information, height information of some objects in the area can be found. This mapping method with UAV is useful for many fields such as forestry, highway projects, agricultural fields, support works in natural disasters, military applications.

The aim of this study is to examine the studies about mapping methods with UAV and to create a review article. In the light of this information, this article will make it easy to determine the materials and methods to be used in future studies.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Mapping, Photogrammetry, Ortophoto

İnsansız Hava Araçları ile Haritalandırma Yöntemleri

Öz

Harita; bir alanın, belirli bir amaç için kullanılan ve belirli bir ölçüğe sahip kuşbakışı görünümüdür. Bir harita oluşturmak için kullanılan bütün yöntemler ve işlemler haritalandırma olarak adlandırılabilir. Harita oluşturma sürecinde elde edilen birçok görüntü birleştirilerek bir bütün haline getirilir. Geçmiş yıllarda haritaların oluşturulması için gerekli olan görüntüler karasal yöntemlerle elde edilmiş olmasına rağmen, zamanla teknolojinin gelişmesiyle birlikte havadan uçaklar balonlar ve daha sonra insansız hava araçlarından elde edilmiştir.

İHA'lar ile haritalandırmada, öncelikle belirlenen alan taranarak İHA'nın kalkış- iniş noktaları ve olası tehlikeler belirlenir. İHA için bir uçuş planı yapılır. Uçuş işlemi gerçekleşir ve arazinin fotoğrafları çekilir. Daha sonra bu fotoğraflar Pix4D, Photoscan gibi yazılımlara yüklenerek burada düzeltilir ve bir harita haline getirilir. Oluşturulan harita üzerinde; herhangi bir noktanın konum bilgisi, yön bilgisi, alandaki bazı nesnelerin yükseklik bilgisi gibi bilgilere ulaşılabilir. İHA ile bu haritalama yöntemi ormancılık, karayolu projeleri, tarım alanları, doğal afetlerde destek çalışmaları, askeri uygulamalar gibi birçok alanda kullanışlıdır.

Bu çalışmanın amacı, İHA ile haritalama yöntemleri ile ilgili çalışmaları incelemek ve bir derleme makalesi oluşturmaktır. Bu bilgiler ışığında bu makale ileride yapılacak çalışmalarda kullanılacak malzeme ve yöntemlerin belirlenmesini kolaylaştıracaktır.

Kelimeler: İnsansız Hava Araçları, Haritalandırma, Fotogrametri, Ortofoto

1. Introduction

Mapping a region provides access to different information about that region and has been used since the past. First of all, the photographs required for mapping were obtained by terrestrial methods, and then they were obtained from the air with the

development of technology. In the aerial mapping methods, balloons were used initially, and then airplanes, and with the emergence of UAVs, they started to be used.

UAVs are used in many areas in today's technology. One of these areas is the acquisition of the terrain map and three-dimensional models by combining the images obtained from the air with the UAV. This map obtained provides access to a lot of information about the field displayed and the planned operations can be done in a much shorter time and with less cost. There are some advantages of using UAVs in photogrammetry;

1. The spatial and temporal accuracy of the data obtained from the UAVs is higher than the data obtained from other methods.
2. Much higher image resolutions
3. Low cost
4. The shots are programmable
5. Having the ability to fly repeatedly
6. It provides easy access to hard-to-reach areas.

Mapping with UAVs; it is used in forestry, mining, highway projects, disaster management, emergency rescue works, etc. effectively. In this article, we will examine previous studies in the field of mapping with UAV.

In this article, we aim to examine the studies on UAV mapping and to shed light on future studies on this subject. Before the literature review, there are some definitions to be made.

Orthophoto Image: Images obtained by eliminating the effects of inclination and rotation of the aerial photographs and the height differences of the land, having a fixed scale at each point and showing the real situation of the land at the time it was taken (Özbalımcı, M.).

Orthomosaic: It is the image obtained by combining orthophotos properly.

Orthophoto Maps: They are maps created by combining and scaling orthomosaics (<https://agrifeat.wordpress.com/2017/10/09/ortofoto-nedir/>).

Ground Control Points: In order to fit the map obtained with the UAV to the real world scale, it is necessary to geographically position its data. To perform the positioning process, the image processing software must know the real-world GNSS coordinates of a small number of points that can be visibly identified in aerial images. These points are called ground control points (GCP) in the UAV mapping content (Mahmod A., 2017). Before the study, ground control points are determined depending on the size of the area. The real world coordinates of the determined ground control points are measured by spatial methods. Then, by calculating the differences between the coordinates measured from the orthophoto obtained with the UAV data and the coordinates accepted as real, the position errors of the study can be determined.

Generally, the stages in mapping with İHA are as follows;

- Flight planning,
- Establishment and measurement of ground control points,
- Flight and obtaining aerial photographs,
- Correcting images by uploading them to the software and obtaining other products and maps.

2. Literature Review

[1] (Yılmaz et al., 2013) In this study, it is aimed to reveal the location accuracy of the UAV in orthophoto map production. Gatewing X-100 unmanned aerial vehicle and RICOH GR DIGITAL IV camera were used in the study. 11 ground control points were determined and their coordinates were measured using the RTK GPS method. The horizontal accuracy of the orthophoto map obtained as a result of the study was calculated to be approximately 7-8 cm. It was concluded that the images obtained from cameras mounted on UAVs are sufficient for orthophoto map production.

[2] (Kayı et al., 2015) In this study, the effect of the different overlap ratios on the accuracy of the Digital Surface Model (DSM) was investigated. In the study, firstly, photographs were taken with 70% forward and 60% lateral overlap ratios and digital surface and digital terrain model was created. Later, these rates were changed to 40% and 60%, and finally, 70 and 20% rates were used. In these research studies, it has been observed that DSMs made using high-overlapping aerial photographs give more successful results. Especially the forward overlap ratio affects the result accuracy more.

[3] (Ayyıldız et al., 2015) In this study, unmanned aerial vehicles and aircraft platform were compared in map production. SmartOne-C unmanned aerial vehicle and Pentax Ricoh Gr digital camera were used in UAV studies. Aircraft used part of the test was carried out with the ISLANDER BN-2T type airplane belonging to TGKM. Image acquisition was done with the Zeiss / Intergraph DMC digital aerial camera belonging to TKGM. Since narrow angle camera is used in photogrammetric study with the aid of UAV, it is less to move away from the main axis compared to the wide angle camera. However, the UAV is more affected by adverse weather conditions. It has been observed that it can be preferred to produce maps in small areas by using UAVs in terms of cost reduction, time and ease of use. In the study, it has been concluded that in possible natural disasters such as earthquakes, landslides and floods, both

traditional photogrammetry and UAV can be used in the production of orthophotos belonging to the natural disaster area, considering the size of the natural disaster area and the cost of the study.

[4] (Karkınlı et al., 2015) In this study, images of a 600x800 m area were obtained by UAV and digital terrain model (DTM) was obtained from these images. DJI S800 spreading wings hexacopter and 18 MP Canon EOS 550d camera were used as equipment. The flight altitude is 100m, the forward overlap rate is 25% and the lateral overlap rate is 70%. Flight planning was made using DJI mission planner photogrammetry tool. The processing of UAV picture blocks, which are closer to close-range photogrammetry in terms of structure, can be more complicated than classical photogrammetry. The main reason for this is that the image overlay rates cannot be provided very precisely, flight stability can be deteriorated more easily, strong radiometric and geometric changes, image scale and convergent image geometry. Despite all these limits, the accuracy provided by these methods seems to be sufficient for many different purposes. In the study, it was calculated that the positional accuracy was on average 6.6 cm and the height accuracy was 8.5 cm on average.

[5] (Papakonstantinou et al., 2016) The aim of this study is to develop a new methodology for UAV mapping along the coastline. The scope of this paper is to detect the coastline and to identify the coastline zones by applying geographic object-based image analysis (GEOBIA) to high-resolution orthophotos produced by an unmanned aerial vehicle (UAV) combined with a structure from motion (SfM) algorithm. In the study, it was stated that small changes occurring on the coastline cannot be noticed in satellite images and more precise measurements can be made with UAVs. There were two areas to study Within the scope of this study, applications were made on two coast; Eressos and Neapoli Beaches. The average flying height of the UAV was 100 m above ground level (AGL), while the camera was programmed to capture the nadir photograph every 3.5 s with an acquired image footprint of 123.4 m _ 91 m. Photographs were taken with 80% overlap ratio during the study. The dense 3D point cloud and the total images were used to create a 3D mesh of the orthophotos, digital surface models (DSM), and digital terrain models (DTM) for both study areas. Within the scope of the study, it was concluded that UAVs can be used effectively in shoreline applications due to their ability to fly repeatedly, their low costs, their ability to reach hard-to-reach areas, and their high image quality.

[6] (Teke et al., 2016) Within the scope of this project, irrigation and fertilization models will be developed for smart agriculture applications. For these models, images are taken with a drone system with hyperspectral camera in the aerial data acquisition part of the project. A second drone system with multispectral and thermal cameras was also used in large areas for summer planting in 2016. It has been stated that it is possible to detect situations where plant growth is affected by nitrogen deficiency or water stress by fusion of data from multispectral and thermal cameras, and that the data obtained from thermal cameras are effectively used to detect water stress in plants. Within the scope of the project, in order to be able to locate satellite and drone images, 1 x 1 m² sized black-white colored plates were assigned as ground control points to be placed in the work area. These plates are like checkerboards and they are used for the positioning of the patterns taken by thermal cameras since they have different temperature values in black and white colors. The study examines the feasibility of precision farming practices using remote sensing methods. As a result of the inferences to be obtained with all the data used, appropriate methods will be determined and recommendations will be made to the farmers.

[7] (Menteşolu et al., 2016) This study is conducted considering that UAVs can be used effectively in forestry. Forest areas can be difficult to access and dangerous areas. It is advocated that UAVs are suitable for use in forestry due to their mobility. In the study, photographs were obtained with 70% lateral and 80% forward overlap. With these photos; point cloud production, digital elevation model, Digital surface model, Digital terrain model and Orthophoto map was produced. The first results obtained in this project emerge as technologies that cannot be ignored in terms of providing fast, inexpensive and reliable solutions to the problems encountered in forestry studies of the data produced by evaluating the photographs taken from UAVs. however, the mathematical models used are not yet fully adequate. But, it is thought that this problem will be solved with the developing technology in UAVs.

[8] (Erdoğan A., 2016) In this study, maps were created in two different software using the Digital Elevation Model (DEM) obtained by an unmanned aerial vehicle on a route of approximately 2 km on the ring road of the 3rd Regional Directorate of Highways. Flight planning is prepared in Pix4D Mapper Capture program. The products were obtained by processing the images with Agisoft Photoscan Pro and Pix4D Mapper Pro software. When products created in Agisoft Photoscan software are desired to be used later, data extraction should be done, but there is no need for such a process in Pix4D software, the products obtained are automatically extracted to the extension folder. Coordinate accuracies and precision were calculated using 5, 10 and 15 ground control points in Agisoft and Pix4D programs, respectively. Thus, 6 different products were obtained and compared. As a result of the study, when all these products were compared, it was seen that the most accurate result was the product created by using Photoscan software and 15 Ground control points. This study proves that the excess of ground control points is directly related to the accuracy of the work result.

[9] (Özemir et al., 2016) In this study, In this study, in order to investigate the accuracy of the photogrammetric data produced from the images obtained by the UAV, the data obtained by the GNSS measurement technique were processed and accuracy analysis was performed. 4 ground control points have been established on the area where the work is done. 70% forward and 80% lateral overlap ratios were used in the study phase. Mission Planner program was used for flight planning. The Agisoft PhotoScan Professional program used in the study uses the intensive image matching method by finding common pixels in aerial photographs. The dense image matching method maps common pixels in each photograph to neighboring photographs. Digital Surface Model, 3D point cloud and orthophoto were produced with the obtained images. In order to investigate the accuracy of the orthophoto produced, the existing map of the region produced before 2007 was used. Common objects were used between the existing map and the orthophoto produced, and comparisons were made to these objects. The UAV was allowed to take photographs at the turns between the blocks in the flight plan, resulting in gaps in the generated point cloud. It has been observed that these gaps cause tears on the orthophoto. However, these tears did not pose a problem as they were outside the project area. For this reason, it is recommended that

the UAV not be allowed to take photographs during turns between blocks in the flight plan. In line with all these results, it has been observed that UAVs have advantages such as providing high accuracy, obtaining data in a short time, having high temporal resolution with repetitive measurement capability, and performing applications with low cost for photogrammetric data generation etc.

[10] (Gültekin et al., 2016) In this study, mapping studies were carried out in two different regions with two UAVs, one fixed wing and the other octocopter. A 3D point cloud was obtained by processing 82 images obtained from an octocopter in the province of Tekirdağ at an altitude of approximately 70 m, in Agisoft Photoscan Professional software. 3D digital surface model and 3D street model were obtained from this data. In the second study, it was aimed to obtain a road map of the drilling well tools required for the construction of a dam planned to be built in the area of Soğullu Village of Istanbul Province Şile District. In the first field, GCP was not used and the data could not be converted to photogrammetric data since there is no defined coordinate system. In the second field, in the second study, 3 GCPs were established, digital surface model and orthophoto map production was made. When the UAVs were compared, it was concluded that the rotary-wing UAV does not need a runway for flight and landing, but it is less resistant to wind, the fixed-wing UAV requires a flight and landing pad but is more resistant to weather conditions. It can be understood from here that it is appropriate to use different UAVs in different situations.

[11] (Genç et al., 2016) In this study, true orthophoto images and digital surface model were produced with the images obtained by unmanned aerial vehicles at the Istanbul Water and Sewerage Administration (ISKI) General Directorate Site. 24 ground control points were established in the study area and the coordinates of these points were measured with the Topcon GR5 GNSS receiver. In the flight plan, the altitude was determined as 150 m, the estimated flight time was 15 minutes, and the image overlap rates were 60% transverse and 80% longitudinal. Point cloud, three-dimensional surface model and True orthophoto were created by processing 413 images obtained by the UAV with Pix4D software, and map drawings were made with point cloud and true orthophoto.

[12] (Özcan O., 2017) In this study, the positional accuracies of the images and digital surface models (DEMs) produced by the UAV in two different areas, at different heights were investigated. Differential Global Positioning System (DGPS) was used to determine the locations of ground control points. An area within the Ayazağa Campus of Istanbul Technical University has been chosen as the study area. In the first area, 97 photographs were taken by flying at an altitude of 30 meters, then 70 photographs were taken by flying at an altitude of 50 meters. In the second area, 111 photographs were taken by flying at an altitude of 30 m. Orthophoto maps of the areas were obtained by processing the obtained images with Pix4D software. Since the point cloud densities produced from the images obtained at different heights will affect the measurement accuracy, the number of points in 1m³ volume was determined (average 5000-6000 points). When the orthophoto maps created from images obtained from different heights were compared, it was observed that the flights made from low altitudes were more successful with a small difference. As a result of the study, it is estimated that obtaining orthophoto maps with UAVs will replace classical photogrammetry planes in many future projects.

[13] (Tercan E., 2017) In this study, an orthophoto view and digital elevation model (DEM) of an ancient city and caravan route (Antalya Province Akseki District) belonging to the Ottoman Empire period were obtained. In the study, 731 high resolution images were obtained with 80 meters height, 85% longitudinal and 65% transverse overlap. Flight planning and simulation operations were done with Mavinci Desktop software. 8 ground control points have been established in the area. Images were processed with PhotoScan software. The accuracy of the UAV system was compared with the traditional terrestrial method, and it was determined that there was an elevation difference of approximately 0.4-4.3 cm between the two methods. It was concluded that UAV photogrammetry systems are a suitable method to obtain detailed and precise 3D data.

[14] (Çam et al., 2017) In this application, the temporal effects of aerial photographs with different overlap ratios and different resolutions on the production process have been investigated. In the first test phase, the ground sampling distance (GSD) were kept constant and the overlap ratios were changed. At this stage, forward and lateral thrusting ratios are taken as 80%-60%, 60%-60% and 80%-30%, respectively. Naturally, the number of photographs obtained at each stage was different. There is about 2 times the difference between the 1st and the 2nd in terms of the number of photos. However, there is approximately 9 times the difference in orthophoto production time. In the second test application, the overlap ratios were kept constant and the GSD was changed. The GSD are 45, 30 and 12 cm, respectively. The fastest result was achieved in the study with 45 cm GSD. With the information obtained, the result is that the appropriate GSD and overlay ratio will be selected according to the size of the area to be studied and the urgency of the work to be done.

[15] (Öztürk et al., 2017) In this study, accuracy comparisons of orthographic images produced from different heights and different camera angles were made in ITU Ayazağa Campus. In the study, photographs were obtained by flying from heights of 60, 80 and 100 m, respectively. The camera angle is 90° at 60 and 80 m altitudes. In the Camera angles were set as 45°, 60° and 90° in the study carried out at an altitude of 100 m. Ortho-images of the area were produced by obtaining high-resolution digital images obtained with all the shots. Accuracy controls of the products were made using predetermined 5 GCPs. Comparison made with different camera angles showed that the highest accuracy was the products obtained with a 45° camera angle. In the comparison made at different heights, it was seen that the highest accuracy was the products obtained by shooting from 60 m height. As can be understood from the study, images obtained with an average camera angle and lower flights give more successful results.

[16] (Mahmod A., 2017) In this study, 3D model of Aksaray University mosque was produced. Agisoft photoscan software was used in the study. Photographs were obtained from flights were made from two different heights; 50 m and 100 m. In order to determine the accuracy of the model produced, the lengths of some horizontal and vertical facades of the mosque were measured by local methods. The same facades were also measured on the model created. It has been observed that there is a difference of 2-50 cm between these two measurements. Gaps were seen at points such as minarets because the UAV only measured vertically. A clear model of the minaret could not be created. In terms of general results, it has been observed that the most accurate study is the one from a height of 50 m.

[17] (Tamouridou et al., 2017) In this study, weed (*Silybum marianum*) detection and mapping is demonstrated with using multilayer neural networks. It was emphasized that weed mapping is important to find a suitable solution against the harmful effects of weed. The Multilayer Perceptron with Automatic Relevance Determination (MLP-ARD) was used to identify the *S. marianum* among other vegetation. Weeds and other herbs were introduced into the system for image detection. As a result of the study, the accuracy of MLP-ARD classification was calculated as 99%. The results show that the online classification of *S. marianum* with MLP-ARD can be used operationally to perform UAV-based weed mapping.

[18] (Tercan E., 2017) In this study, the usability of the UAV photogrammetry in the calculation of the digital land model production and the amount of earthwork in highway projects has been investigated. A digital terrain model of a 1500-meter highway corridor was produced using a UAV and terrestrial method. Topcon Hyper V GNSS device and CORS-RTK method were used to determine the positions of the ground control points, and the Lecia-LS 10 electronic digital level device was used to determine the heights. Mavinci Desktop software was used for flight planning and simulation processes. Photoscan software was used to process the images. The flight altitude is 160 m, the longitudinal overlap ratio is 85% and the transverse overlap ratio is 65%. When comparing the model created with the images taken from the UAVs and the measurements made by terrestrial methods, an overlap was observed. Even in some parts of the area, because of the geographic conditions, groundwork measurements could not be made sufficiently and accurately, so the amount of earthworks calculated with the numerical land model obtained with the UAV was calculated more precisely and accurately. It was concluded that the application with UAVs is very effective, but in some cases where UAVs are insufficient, it should be supported by local methods.

[19] (Yusoff et al., 2017) In this study, it is aimed to obtain a slope map using UAV in different heights and to compare them. The project consists of 3 basic stages: preparation for flight and flying the UAV, processing the UAV images with software and creating slope maps. Work was carried out in Kulim, Kedah, Malaysia because the slope area is prone to landslides. DJI Phantom 4 was used in the study. The slope area is not accessible. For this reason, GCPs are measured from point cloud data from the Pheonix AL-32 LiDAR system. Comparing the studies from different flight heights (20, 40, 60 meters), it was seen that the position accuracy increased in direct proportion to the height. As a result of the studies, it was observed that orthophoto and digital elevation model (DEM) were produced successfully. Finally, it was stated that the study will be expanded by using applications such as LIDAR, thermal camera and infrared to capture slope data.

[20] (Yılmaz et al., 2018) In this study, an orthophoto of Aksaray University was created using UAV. It is aimed to investigate the facilities and limitations of using UAVs in studies. Ground control points were determined and their coordinates were obtained with the TOPCON GR3 GPS receiver in the WGS84 coordinate system. Digital elevation model (DEM) and orthophoto map of the land was obtained with the photographs obtained by UAV. In order to measure the accuracy of the products obtained, horizontal lengths at 5 points and vertical lengths at 5 points were measured. The same lengths were also measured on the land using local methods (with Total Station). The position error in the products obtained by comparisons was calculated as mean \pm 2.38 cm, and the height error was calculated as mean \pm 9.94 cm. It was stated that when a 3D model is desired to be created, not only vertical but also oblique photos should be taken. It has been concluded that the use of UAVs is appropriate for obtaining products used in many disciplines such as digital elevation model, digital terrain model, orthophoto map.

[21] () In this study, a new technique is presented for the objective detection of geomorphic effects of floods using UAVs. It was stated that knowing the geomorphic response to flood strikes observed in a particular environment is necessary to understand the behavior of the stream system and to design effective risk mitigation measures. Object based image analysis (OBIA) module was used in SAGA GIS in the study. 3D digital elevation model and ortho-image are created, based on these, a workflow that includes the controlled classification method is proposed and tested. RGB images are combined with UAV images and 3D information, expanding the UAV imaging platforms. The proposed method has proven that flood effects can be applied quickly, cheaply and reliably with UAV.

[22] (Özcan O., 2018) In this study, unmanned aerial vehicles and mapping methods were used to examine 12 quarries located within the borders of Süleymanpaşa district of Tekirdağ province. A total of 5541 aerial photographs were obtained with unmanned aerial vehicles for 12 quarries. The images obtained were combined with Drone2Map for ArcGIS software to create orthomosaic images of the areas. The longest jointing process was the 10th stone quarry with 20 hours and 17 minutes, and the shortest was the 5th quarry with 3 hours 38 minutes. The reason for this can be shown that the number of images taken for the 5th stone quarry is the lowest (47) and the number of images taken for the 10th stone quarry is the highest (1215). In the study, studies were carried out based on the idea that digital maps with a horizontal and vertical precision of 10 cm and below can be obtained without using Ground Control Points, and area and volume can be calculated from it (Boy & Saraloğlu, 2016). It has been observed that the most decisive factor in this sensitivity is the consistency of the GNSS receiver on the UAV system. A hole was dug in the area to calculate the accuracy percentages of the UAVs in area and volume calculations. UAV images of the pit, whose volume was determined, were then taken and its volume was calculated with GIS (Geographical Information Systems) software. The area calculated from the UAV images was 99.03% and the volume was 82.5% correct. With this study, it was concluded that UAVs are suitable for area and volume calculation.

[23] (Marangoz et al., 2019) In this study, it is aimed to compare traditional photogrammetry (aircraft) with the result products produced from UAVs and to reveal the advantages of UAVs over traditional photogrammetry in terms of cost, time and accuracy. A flight was made on 545 hectares of land with the UAV on 23 November 2017, and on 3245 hectares on 30 January 2018. A non-metric camera was used in the UAV and a metric camera was used in the aircraft. The aircraft completed 3245 hectares with 11 columns with a 9.5 cm ground sampling interval, and the UAV completed 45 hectares with 19 columns with a 5.5 cm ground sampling interval. 7 GCPs were installed for the UAV and 38 for the aircraft. The coordinates of the points were measured with the Cors system twice at

an interval of one hour, and the average of the measurements was formed. The images obtained were processed with Agisoft MetaShape software. After the automatic linking of the pictures, the sparse point cloud was created, and then the project optimization was carried out by marking the ground control points on the pictures and the balancing process was completed. Later, the dense point cloud was automatically produced with the MetaShape program and after this process, the Digital Elevation Model was produced by taking the dense point cloud as a reference. After the DEM was produced, the orthophoto image was obtained by dressing the pictures on the created surface. In DEM comparison, it was observed that the UAV images were higher resolution, so the data obtained with the UAV were more sensitive. When the accuracies of GCPs were compared, the UAV method gave more precise and reliable results, as it was shown that the image resolution was high in the photos obtained with the UAV. When the UAV was compared with traditional methods, it was seen that the UAV produced more precise and economical solutions.

[24] (Yılmaz Ü., 2019) In this study, it is aimed to determine the usage areas and importance of unmanned aerial vehicles in disaster relief activities. The use of UAVs in aid activities is deemed appropriate for reasons such as the ability of UAVs to reach places that people cannot reach due to the infrastructure that deteriorates after the disaster, to be able to carry the necessary materials as a useful load when necessary, to provide field information by instant image transfer, etc. Common application areas of unmanned aerial vehicles in disaster operations management; To map the affected areas after disasters, to analyze the collected images, to coordinate the unmanned aerial vehicle networks, to detect disasters through some chemical sensors, to integrate drones with other communication tools and to provide fast and quality information transmission (Değirmen et al, 2018: 13). In addition, unmanned aerial vehicles were used to display and map the general view and damage status of the region after the 7.8 magnitude earthquake that took place in Ecuador in 2016 (Sampani, 2017: 4). Unmanned aerial vehicles were used to map the effects of Hurricane Matthew on Haiti in 2016 (NBCNews, 2016). As a result of the study, it was stated that the use of unmanned aerial vehicles in this area is insufficient and should be increased.

[25] (Şener E., 2019) In this study, it was aimed to map an area of 4.5 km² with UAVs in Süleyman Demirel University. The point cloud of the area, Digital Terrain Model (DTM) and orthophoto map were obtained by processing 485 images with 80% overlap ratio obtained from UAVs in Pix4D software. 18 ground control points were placed homogeneously in the determined area and accuracy analyzes were made through these points. Accuracy analyzes were calculated using the Square Mean Error method. Mean Square Error (KOH) was calculated as 3.87 cm. Within the scope of this study, the point cloud produced by the Pix4D software belonging to the Süleyman Demirel University campus contains a total of 264.679.719 points. By using this point cloud, digital terrain model was prepared and by using digital terrain model, an orthophoto map of the area was obtained. In order to make more precise calculations in the amount of filling and excavation in the studies with UAV, it is necessary to minimize the effects of vegetation and objects by processing the point cloud. In addition, a 3D model was created in the study, and gaps were created in some buildings due to the camera angle of the UAV. However, it has been stated that this 3D model can be used. Again in this study, it was stated that one of the most important parameters affecting the product accuracies is the uniform and homogeneous distribution of the ground control points.

3. Results and Discussion

In this study, mapping applications with unmanned aerial vehicles were investigated and studies in this field were examined. Studies performed with UAV in a more economical and short time also give more efficient results than other traditional methods. This article is intended to be a reference to the desired studies in this field.

In the literature, the suitability of using the UAV in different areas has been investigated and the product accuracies have been found suitable for studies in that area. Unmanned aerial vehicles are preferred in this field due to their advantages such as reaching difficult areas, taking photos from low altitude, accessing the desired information in a short time, and low cost etc.

4. Conclusions and Recommendations

In addition, it is necessary to study how the UAV works under different conditions. What kind of precautions should be taken under these conditions should be specified and developed with future studies. Despite some difficulties, the use of UAVs in this area is appropriate for most studies.

Herd UAVs can be developed and used for both safety and mapping, especially in military, emergency management. The disadvantages such as; short battery life, not being able to fly for a long time, limited useful load carrying capacity, not being able to be used effectively in 3D modelling with vertical camera angles and being quickly affected by adverse weather conditions will also be corrected with the advancing technology.

4. Acknowledge

I would like to thank my family and my dear professors; Professor Dr. Cemil Sungur and Dr. Hakan Terzioğlu, who shared their knowledge with me throughout my research.

References

- [1] Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karlı, F., Gökalp, E., (2013), *İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi*, KTÜ Map Engineering, Trabzon, Turkey.
- [2] Kayı, A., Arasan, G., Yılmaz, A., Erdoğan, M., Alp, O., Okul, A., (2015), *Farklı Bindirme Oranlarının Sayısal Yüzey Modeli Doğruluğuna Etkisi-Ankara 3 Boyutlu Şehir Modeli Örneği*, HGK, General Command of Mapping, 06260 Ankara, Turkey.
- [3] Ayyıldız, E., Özmüş, L., Açar, F. Ç., Tuna, H., Özer, E., Erkek, B., Bakıcı, S., (2015), *İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Uçak Platformlarından Elde Edilen Görüntülerin Ortofoto Üretiminde Karşılaştırılması*, General Directorate of Land Registry and Cadastre, Department of Mapping, Ankara, Turkey.
- [4] Karkınlı, A. E., Kesikoğlu, A., Kesikoğlu, M. H., Atasever, U. H., Ozkan, C., Çivicioğlu, P., Beşdok, E., (2015), *İnsansız Hava Araçları ile Sayısal Arazi Modeli Üretimi*, Erciyes University, Faculty of Engineering, Department of Map Engineering, 38039 Melikgazi / Kayseri, Turkey.
- [5] Papakonstantinou, A., Topouzelis K., Pavlogeorgatos, G., (2016), *Coastline Zones Identification and 3D Coastal Mapping Using UAV Spatial Data*, International Journal of Geo-Information.
- [6] Teke, M., Efendioğlu, M., Öztoprak, A.F., Demirkesen, C., (2016), *Akıllı Tarım Fizibilite projesi: Hassas Tarım Uygulamaları İçin Havadan ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi ve Analizi*, 6. Remote Sensing-Gis Symposium (Uzal-Cbs 2016), Adana, Turkey.
- [7] Menteşoğlu, B. E., İnan, M., (2016), *İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Ormanlık Uygulamalarında Kullanımı*, 6. Remote Sensing-Gis Symposium (Uzal-Cbs 2016), Adana, Turkey.
- [8] Erdoğan, A., (2016), *Şeritvari Haritaların İnsansız Hava Araçları ile Üretimi*, Selçuk University Science Institute, Map Engineering Department, Konya, Turkey.
- [9] Özemir, I., Uzar, M., (2016), *İHA ile Fotogrametrik Veri Üretimi*, 6. Remote Sensing-Gis Symposium (Uzal-Cbs 2016), Adana, Turkey.
- [10] Gültekin, Y., Özemir, I., Uzar, M., Şimşek, M., (2016), *İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto ve SYM Üretimi*, 6. Remote Sensing-Gis Symposium (Uzal-Cbs 2016), Adana, Turkey.
- [11] Genç, B., Gökdaş, Ö., Taftalı, G., Eroğlu, S., (2016), *İSKİ Genel Müdürlüğü Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımı ile True Ortofoto ve Halihazır Haritasının Yapımı*, HKMO-Engineering Measurements STB Commission 8th National Engineering Measurements Symposium, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey.
- [12] Özcan, O., (2017), *İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi*, ISSN 2536-4561 Journal of Engineering and Earth Sciences, Vol 2, Issue 1, 1-7 pp Journal of Engineering and Earth Science, Volume 2, Issue 1, 1-7 p.
- [13] Tercan, E., (2017), *İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Antik Kent Ve Tarihi Kervan Yolunun Fotogrametrik Belgenmesi: Sarihacilar Örneği*, Journal of Engineering Sciences and Design 5 (3), 633 - 642, 2017 e-ISSN: 1308-6693.
- [14] Çam, A., Arasan, G., (2017), *Farklı Fotoğraf Bindirmelerinin Ve Çözünürlüklerinin Ortofoto Üretim Sürecine Zamansal Etkileri*, Ministry of National Education General Command of Mapping, Department of Photogrammetry, 06100, Dikimevi, Ankara, Turkey.
- [15] Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S., Uluğ, R., (2017), *İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması*, ISSN: 2564-6761 Geomatik Journal of Geomatics, 2 (3); 135-141.
- [16] Mahmod, A. A., (2017), *İnsansız Hava Aracı Verilerinden Üç Boyutlu Model Oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii*, Aksaray University Institute Of Natural Sciences Department Of Map Engineering, Aksaray, Turkey.
- [17] Tamouridou, A. A., Alexandridis, T. K., Pantazi, X. E., Lagopodi, A. L., Kashefi, J., Kasampalis, D., Kontouris G., Moshou, D., (2017), *Application of Multilayer Perceptron with Automatic Relevance Determination on Weed Mapping Using UAV Multispectral Imagery*, Sensors, 17, 2307; doi:10.3390/s17102307.
- [18] Tercan E., (2017), *Karayolu Projelerinde İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Arazi Modelinin Değerlendirilmesi: Bucak-Kocaaliler Yolu Örneği*, MAKÜ FEBED ISSN Online: 1309-2243 <http://dergipark.gov.tr/makufebed>.
- [19] Yusoff, A. R., Darwin, N., Majid, Z., Ariff, M. F. M., Idris, K. M., (2018), *Comprehensive Analysis Of Flying Altitude For High Resolution Slope Mapping Using Uav Technology*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W4, 2018 GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM), Istanbul, Turkey.
- [20] Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A., Bilgilioğlu, S. S., (2018), *İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği*, ISSN: 2564-6761 Geomatik Dergisi Journal of Geomatics, 3(2);129-136.
- [21] Langhammer, J., (2018), *Detection and Mapping of the Geomorphic Effects of Flooding Using UAV Photogrammetry*, Pure Appl. Geophys, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1874-1>.
- [22] Özcan O., (2019), *Tekirdağ İli Süleymanpaşa İlçesinde Bulunan Taş Ocaklarının Toprak ve Arazi Kullanımı Bakımından Değerlendirilmesi*, Namik Kemal University Institute Of Science Soil Science And Plant Nutrition Department, Tekirdağ, Turkey.
- [23] Marangoz, A. M., Karakış, S., Numan, A. B., (2019), *Geleneksel Fotogrametri ile İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılan Kamera ve Sonuç Ürünleri Bakımından Karşılaştırılması*, Chamber of Survey and Cadastre Engineers, 17th Turkey Scientific and Technical Conference, 25-27 April 2019 in Ankar, Turkey.
- [24] Yılmaz, Ü., (2019), *İnsani Yardım Lojistiği Faaliyetlerinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları*, Journal of Vocational and Social Sciences of Turkey - Journal of VOSST, Year: 1, Issue: 2.
- [25] Şener, E., (2019) *İnsansız Hava Araçları Kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Yüksek Çözünürlüklü Ortofoto Haritasının Hazırlanması*, Journal of Engineering Sciences and Design DOI: 10.21923/jesd.511561.



Kamu Binalarında Proje Dışı Kullanılan Elektrikli Cihazların Yangın Oluşumuna ve Elektrik Tüketimindeki Artışa Etkilerinin Belirlenmesi

Sema Yılmaz^{1*}, Cemil Sungur²

¹ Selçuk Üniversitesi, Bozkır Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804388)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, S. & Sungur, C. (2020). Kamu Binalarında Proje Dışı Kullanılan Elektrikli Cihazların Yangın Oluşumuna ve Elektrik Tüketimindeki Artışa Etkilerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 226-230.

Öz

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen yangınların sebebi olarak teknolojinin gelişmesine bağlı olarak artan elektrikli cihazların kullanımı gösterilmekte ve yazılan raporlarda elektrik kontağından çıkan yangın ifadesi kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kamu binalarında oluşabilecek elektrik enerjisi kaynaklı yangınlar için bir araştırma yapılmıştır. Bunun için kamu binalarında elektrik projesi dışında kullanılan elektrikli cihazların elektrik tesisatı üzerindeki olumsuz etkileri incelenmiştir. Bu olumsuz etkilerin yanı sıra yıl içerisinde elektrik tüketimindeki artışlar ve bu artışların maddi olarak ülkemize getirdiği yük ve bundan elektrik tesisatının nasıl olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda pilot olarak seçilen kamu binasında, binanın inşası esnasında belirlenen elektrik projelerinin göz ardı edilerek proje dışı ve kontrolsüz alıcı elemanlar kullanılması bina kurulu gücünü artırmaktadır. Bina kurulu gücündeki artışlar mevcut enerji hatlarında aşırı yük, buna bağlı olarak aşırı ısınma ve yangına sebep olacağı belirlenmiştir. Ayrıca bu kontrolsüz enerji tüketiminin ciddi maliyet artışlarına sebep olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Enerjisi Tasarrufu, Su Isıtıcıları, Elektrik Sobaları, Demand Gücü, Kamu Binalarında Enerji Tasarrufu

Determination of the Effects of Non-Project Electrical Devices on Fire Formation and Increase in Electricity Consumption in Public Buildings

Abstract

The use of electrical devices, which has increased due to the development of technology, has been shown as the reason for the fires that have occurred in our country in recent years, and the term fire from the electrical contact is used in the reports written.

In this study, a research has been made for electrical energy fires that may occur in public buildings. For this, the negative effects of electrical devices used in public buildings other than the electrical project on the electrical installation have been examined.

In addition to these negative effects, it was determined that the increase in electricity consumption during the year and the financial burden that these increases brought to our country and how the electrical installation was affected negatively.

In the public building selected as a pilot as a result of the study, the use of off-project and uncontrolled receiver elements by ignoring the electricity projects determined during the construction of the building increases the building installed power. It has been determined that increases in the installed capacity of the building will cause excessive load on the existing power lines, resulting in overheating and fire. In addition, it was observed that this uncontrolled energy consumption caused serious cost increases.

In the public building selected as a pilot as a result of the study, the use of off-project and uncontrolled receiver elements by ignoring the electricity projects determined during the construction of the building increases the building installed power. It has been

* Sorumlu Yazar: Selçuk Üniversitesi, Bozkır Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0000-0000-0000, semayilmaz@selcuk.edu.tr

determined that increases in the installed capacity of the building will cause excessive load on existing power lines, resulting in overheating and fire. In addition, it was observed that this uncontrolled energy consumption caused serious cost increases.

Keywords: Electric Energy Saving, Water Heaters, Electric Stoves, Demand Power, Energy Savings in Public Buildings.

1. Giriş

Ülkemizde meydana gelen yangınların oluşumlarına sebep olarak elektrik kontağından çıkan yangın ifadesi sıkça kullanılmaktadır. Bu ifadelerin ne derece doğru olduğuna ve asıl sebebin ne olduğunu belirleme amacı ile bu araştırma yapılmıştır. Bunun için Örnek kamu binası olarak Konya ili Bozkır ilçesinde bulunan Cumhuriyet Ortaokulu seçilmiştir.

Seçilen pilot kamu binalarında, yönetmelik ve mevzuatlarda yeri olmamasına rağmen elektrikli ısıtıcılar (soba, su ısıtıcısı vb) klima, vantilatör gibi ortam soğutucuları mevcut olduğu görülmüştür. Bu cihazlar mevcut bina elektrik projesinde gösterilmediğinden bina elektrik tesisatında döşenen kabloların iletken kesitlerine yansıtılmazlar. Bu durum hem besleme trafolarında hem de kablolarda aşırı ısınmaya sebep olmaktadır. Bu tür kablo ısınmaları binalarda yangına sebep olurlar (Anadolu Sigorta Bülteni, 2012).

Okullarda ilave yükler vardır. Bu yükler herhangi bir değer gözetilmeksizin, bölgemizdeki dağıtım firması MEDAŞ'tan habersiz ve kontrolsüz olarak ek yapılan alıcı elemanlar aracılığı ile kullanılmaktadır (Aksoy, 2018). Bu durum linye hattının aşırı yüklenmesine, dolayısı ile kullanılan kablo direncinin ve izolasyonunun zayıflamasına neden olmaktadır. Okullara yapılan bu ek bağlantılar rastgele yetkisiz kişiler tarafından yapıldığı için kablo kesitleri de rastgele seçilmektedir (Resmî Gazete, 1996).

Çalışma yapılan Cumhuriyet Ortaokulunda ilave yüklerin durumu:

Kamu binalarında kontrolsüz kullanılan bu cihazların bir diğer etkisi ayrı bir sayaca bağlı olmayıp kamu binalarının elektrik enerjisini kullanmaktadır. Yani tükettikleri elektrik enerjisi kontrol altında olmayıp okul elektrik giderlerine dâhildir. Elektrikli ısıtıcılar ve soğutucular, birçok okulda ve kamu binalarında birden fazla vardır; proje dışı olduklarından dolayı kullanımları da kontrol altında değildir.

Bu cihazların tükettikleri elektrik miktarı ülke geneline oranlandığı zaman büyük miktarda elektrik enerjisi tüketimine sebep olmaktadır.

Bu örnek çalışmanın amacı;

1. Ülkemizdeki tüm kamu binalarında her mesai günü rahatlıkla kullanılan elektrikli ısıtıcı kullanan çay ocakları, soğutucular (vantilatör, aspiratör), ısıtıcılar (elektrikli sobalar) ülke genelinde büyük miktarda elektrik enerjisi miktarının –yönetmeliklerde olmamasına rağmen– devlet bütçesi tarafından ödendiğine farkındalık oluşturmaktır.

2. Kamu binalarında elektrikli ısıtıcılar ve soğutucuların bir yıl içerisinde elektrik enerjisi tüketimini hesaplayarak oluşturacakları tehlike durumlarını ortaya çıkarmaktır.

3. Elektrik tesisatına fazla yüklenmesi sonucu meydana gelecek muhtemel yangınların önüne geçmektir.

4. Cihazların okullardan ve kamu binalarından kaldırılması ile sağlanan elektrik enerjisi tasarrufu ile ülke ekonomisine katkı sağlanacağını ispatlamaktır.

Bu amaçlar doğrultusunda bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiş olup, elde edilen veriler istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Kamu binalarında yapılan bu çalışmada, Konya İli, Bozkır İlçesi, İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı Cumhuriyet Ortaokulu pilot okul olarak incelenmiştir.

Çalışma kapsamında öncelikle cihazların bağlı olduğu elektrik tesisatının tamamının Elektrik İç Tesisat Yönetmeliğine uygun olup olmadığı incelenmiştir. Ana kolon. Kolon ve Linye hatlarının kablo kesitinin ve sigorta değerlerinin proje değerlerine uygun olup olmadığı tespit edilmiştir.

Bozkır MEDAŞ İşletme Şefliği'nden pilot okulların demand güçleri istenilmiş olup ve dağıtım firması ile yapılan sözleşme gücü değerleriyle karşılaştırılarak güç aşımaları tespit edilmiştir.

Aynı şekilde pilot okullarda çay ocağı, akıllı tahta, elektrik sobası, vantilatör, klima, vs. cihazların adedi, gücü ve kullanım süreleri de tespit edilip okul elektrik giderlerine etkileri hesaplanmıştır.

Tüm bunların sonucunda çıkan değerler 2017 yılına ait elektrik faturalarının da incelenmesi ile okul elektrik tüketimine etkisi belirlenmiştir. Elde edilen verilerle ısıtma, ısınma ve ortam soğutucu cihazların bir yılda tükettikleri elektrik enerjisi miktarı kwh cinsinden hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

1. Bir adet 2750 watt gücündeki elektrikli ısıtıcı kış aylarında hafta içi 6 saat kullanılmaktadır. Bir yılda elektrikli ısıtıcının ortalama 6 ay kadar kullanıldığı tahmin edilerek elektrikli ısıtıcının bir yıllık elektrik enerjisi tüketimi ortalama 1980 kwh

hesaplanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Elektrikli Soba Yıllık Elektrik Tüketimi

Cumhuriyet Ortaokulu	Adet	Günlük Kullanım – Saat	Günlük kullanılan güç – kwh	Yıllık Kullanım – Gün	Yıllık Elektrik Tüketimi – kwh
Elektrikli Isıtıcı (soba, 5×550watt)	1	6	2,75	120	1980

2. Aynı okulda eğitim öğretim süresi boyunca hafta içi her gün, çay ocağı uzun süreli kullanılmakta olup suyun kaynama süresi boyunca ocağın 6,49 amper akım çektiği ölçülmüştür.

Gün içerisinde eklenen su miktarına ve kullanım süresine göre ocağın tam kapasite ile çalışma süresi hesaplanmıştır.

Buna göre çay ocağının yıllık elektrik enerjisi tüketimi 1708 kwh olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Tablodaki hesaplama resmi tatiller, 15 tatil ve yaz tatili dahil edilmemiştir.

Tablo 2. Elektrikli Çay Ocağı Yıllık Elektrik Tüketimi

Adet	Çay Ocağı Gücü – watt	Şebeke Gerilimi – Volt	Çalışma akımı – Amper	Günlük tüketim – saat	Yıllık Tüketim – gün	Yıllık Tüketim – kwh
1	2000	220	6,47	6	200	1708,08

3. Cumhuriyet Ortaokulunda 11 adet etkileşimli tahta mevcuttur. Bu tahtalar için ayrıca linye hattı çekilip sistem odası kurulduğu görülmüştür. Ancak okulun ana kolon hattının aynı kaldığı ve de elektrik dağıtım firması ile yeni bir sözleşme gücü belirleme yoluna gidilmediği belirlenmiştir.

Akıllı tahtaların haftalık kullanımı dersin konusuna ve ders hocasına göre değişmekle birlikte haftalık ders saatinin yarısı kadardır. Buna göre bir tahtanın haftalık kullanımı yaklaşık olarak 20 saat alınmıştır. Yapılan ölçümlere göre akıllı tahta ekran açıkken 1,2 amper, standby konumunda ise 0,011 amper akım çekmektedir. Buna göre ekran açıkken etkileşimli tahta gücü yaklaşık olarak 264 watt, standby konumunda ise 2,42 watt olarak ölçülmüştür. Okulda bulunan 11 adet etkileşimli tahtanın yıllık elektrik enerjisi tüketimi ortalama 2090kwh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Etkileşimli Tahta Yıllık Elektrik Tüketimi

Adet	Akıllı Tahta Çekilen Akım – Amper	Akıllı Tahta Gücü – Watt	Haftalık tüketim – saat	Yıllık (36 hafta) Kullanım – saat	Bir Tahtanın Yıllık Elektrik Tüketimi – kwh	11 Tahta Yıllık Elektrik Tüketimi – kwh
11	1,2	264	20	720	190,08	2090,88

Cumhuriyet Ortaokulunda bulunan 11 adet etkileşimli tahta, bir adet elektrik sobası ve bir adet çay ocağının yıllık toplam elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık olarak 5778,96 kwh hesaplanmıştır. Bu elektrik enerjisi inceleme yaptığımız okulda aşırı güç çekimine neden olmaktadır.

Aşırı güç çekimi elektrik dağıtım firması ile yapılan sözleşme gücünü dolayısı ile bina demand gücünü de artırmaktadır (Yılmaz, 2006).

Kullanıcı ile dağıtım firması arasında imzalanan anlaşma gücüne demand gücü denir (Resmî Gazete, 2003).

Dağıtım Şirketi, dağıtım sisteminin güvenliği üzerinde risk oluşturacak şekilde anlaşma gücünü aşan kullanıcıya, ihlalin sonlandırılması hakkına sahiptir (Resmî Gazete, 2017).

Tüketicilerin elektrik projesinde belirtilen kurulu güç harici fazla güç kullanım hakları %20'dir (Resmî Gazete, 2007). Sözleşmede belirtilen güç değerlerinin üzerine çıkılması hem yasal değildir hem de tesisattaki kablo yalıtımlarında yer yer ısınmalara sebep olduğu için tehlikelidir (Resmî Gazete, 2011). Bu tür ısınmalar elektriksel yangın nedeni olabilir (O'Connor ve Redsicker, 1987).

Okullarda kullanılan projelerde gösterilmeyen elektrikli cihazlar bina demand gücünü bir hayli artırmaktadır. Cumhuriyet Ortaokuluna ait olan elektronik sayaç bilgi dökümü Bozkır MEDAŞ İşletme Şefliği'nden alınan bilgiler doğrultusunda 2017 yılı içerisindeki demand güçleri Tablo 4'de gösterildiği gibidir (Bozkır Kaymakamlığı, 2018).

Tablo 4. Cumhuriyet Ortaokulu 2017 Yılı Demand Güçleri

Demand Değerleri	Kodu	Demand (kW)	Tarih ve Saati
Güncel Max. Demand	1.06.2000	6,284	2018-02-05, 09:30
Geçmiş 1.Ay	1.6.0*01	9,596	2018-01-11, 08:00
Geçmiş 2.Ay	1.6.0*02	8,148	2017-12-28, 08:45
Geçmiş 3.Ay	1.6.0*03	9,164	2017-11-28, 10:00
Geçmiş 4.Ay	1.6.0*04	11,344	2017-10-17, 10:00
Geçmiş 5.Ay	1.6.0*05	3,396	2017-09-27, 11:00
Geçmiş 6.Ay	1.6.0*06	2,520	2017-08-17, 13:00
Geçmiş 7.Ay	1.6.0*07	2,500	2017-07-25, 08:15
Geçmiş 8.Ay	1.6.0*08	3,728	2017-06-02, 11:45
Geçmiş 9.Ay	1.6.0*09	7,668	2017-05-22, 09:45
Geçmiş 10.Ay	1.6.0*10	7,388	2017-04-11, 10:00

Geçmiş 11.Ay	1.6.0*11	10,088	2017-03-16, 08:45
Geçmiş 12.Ay	1.6.0*12	11,436	2017-02-06, 09:15

Normal şartlar altında okulun demand gücü 5 kw olması gerekirken tablodan da görüldüğü üzere eğitim öğretim dönemlerinde güç aşımı iki katından daha büyük değerlere ulaştığı belirlenmiştir.

Okulun güç aşımı, kablo dirençlerinin zayıflamasında dolayısı ile kablo izolasyonlarının deforme olmasında en büyük etkidir. Güç aşımını artıran cihazlar, okulda bulunan elektrikli çay ocağı, elektrik sobası ve 11 adet etkileşimli tahtadır. Bu okul 66 yıldır aralıksız eğitim öğretimin görüldüğü bir okul olup, ilçenin en eski okuludur. Okulun zamanla gelişen/değişen ihtiyaçlarının karşılanması için sürekli olarak bilgisayar, etkileşimli tahta, elektrikli ısıtıcı gibi cihaz alımları olmuştur.

Elektrik tesisatında kullanılan kablo izolasyon dirençlerinin zayıflaması, izolasyonlarının deforme olması elektriksel kaynaklı bir yangın çıkma ihtimalini artıracaktır.

Binada elektrik kullanımı sürekli artış gösterirken bina ana kolon hattı aynı kalmıştır. Ana kolon hattının değiştirilmesi olası bir yangın tehlikesini azaltacaktır (Meral ve diğerleri, 2009). Ancak bu hattın yönetmelikler gereği kolayca değiştirilmesi pek mümkün değildir. Şöyle ki, ana kolon hattının değiştirilmesi için bina elektrik tesisatı projesinin tekrar çizilmesi, kurulu gücün belirlenmesi ve dağıtım firması ile tekrardan sözleşme imzalanması gerekmektedir. Bu yenilemeler kullanıcılar için maddi külfet demektir.

Eğer dağıtım firması ile tüketiciler arasında yapılan sözleşmelerde ana kolon hattının kontrolü dağıtıcı firmaya verilirse, dağıtıcı firma gerekli gördüğü takdirde ana kolon hattını değiştirebilecektir. Bu da olası yangın tehlikelerini bertaraf edecektir.

Eski binalarda ana kolon hattının kontrolü her ne kadar dağıtım firmasına ait olsa da bu hat tüketiciye ait bir hatır. Dolayısı ile dağıtım firmasının istediği zaman ana kolon hattında değişiklik yapması söz konusu değildir. Ancak artan bina yüküne göre ana kolon hattının aynı kalması binalar için çok ciddi bir tehlikedir. Ana kolon hattında fazla yüklerle birlikte faz-faz çakışması meydana gelirse yangın kaçınılmazdır.

Buna göre okullarda proje dışı kullanılan ve yüksek akım çeken cihazların kullanımı ile ilgili olarak gerekli düzenlemelerin bir an önce yapılması gerekmektedir. Bu düzenlemeler yapılamazsa alternatif çözümler üretilmesi zaruridir. Diğer okullarda ve bazı kamu binalarında da durum incelediğimiz okullardan farklı değildir.

Bu çalışmada yukarıda anlatılan durumlar göz önüne alınarak kamu binalarındaki ısıtma, ısınma ve diğer amaçlar için kullanılan cihazların kullanımı ile oluşabilecek tehlikeli durumlar anlatılmıştır. Bu cihazların harcadığı elektrik enerjisi sayısal değerlerle hesaplanmıştır. Bu cihazların kullanılmaması durumunda okul elektrik enerjisi giderlerinin azalacağı dolayısıyla ülke ekonomisine de katkı sağlanacağı belirlenmiştir.

Elektrik enerjisi tasarrufu yapılabilmesi ve de olası yangınların önüne geçilebilmesi için bu cihazların dağıtım firmasından ayrı bir hat çekilip ayrı bir sayaca bağlanması gerekmektedir. Bunun bina elektrik tesisatında değişiklik yapmadan uygulanabilmesi için ayrıca bir yer (kantin ya da çay ocağı gibi) tahsis edilmesi gerekmektedir. Böylece alıcı elemanların bağlı olduğu priz linyeleri okul hattından ayrılmış olacaktır.

Kalorifer sistemi çalışan ve ortam ısısı normal olan okullarda gereksiz olarak elektrik sobası kullanılması tartışmaya açıktır.

Sözü edilen cihazların kullanılmaması gerekmektedir. Bu cihazlar kullanılmadığı zaman okullarda elektrik enerjisinden ne kadar tasarruf yapıldığı ortaya net olarak çıkacaktır.

4. Sonuç

Bozkır Cumhuriyet Ortaokulunda proje dışı ve kontrolsüz olarak kullanılan elektrikli cihazların yıllık elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık olarak 5,778MWh hesaplanmıştır. Tüketilen bu elektrik enerjisinin maliyeti devlet tarafından karşılanmaktadır.

Bozkır ilçe merkezinde bulunan Bozkır HES'in (Hidroelektrik Santrali) Kurulu Gücü 0,074 MW'tir. Bozkır Cumhuriyet Ortaokulunda bir yılda proje dışı kullanılan elektrik enerjisinin üretilebilmesi için Bozkır HES'in 78 saat tam kapasite ile çalışması gerekmektedir.

Bu durumda, tüm okullarda hatta tüm kamu binalarında gerekli önlemler, düzenlemeler yapılarak, acilen ilave yükler devreden kaldırılmalıdır.

Ülkemizde 20 yaşından büyük bütün kamu binalarında acilen elektrik tesisatının kanun ve yönetmeliklere uygun olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir.

Diğer öneriler aşağıda sıralanmıştır.

1. Uzatma kabloları sadece geçici olarak kullanılmalıdır, uzatma kablosu görünmeyecek ve sıkışabilecek yerlere konulmamalıdır.
2. Uzatma kabloları halı altı gibi hava ile temasının engelleneceği yerlerden geçirilmemelidir. Eğer uzatma kablosu kullanılacaksa düğmeli ve sigortalı olanı seçilmelidir.
3. Elektrik tesisatı zaman zaman bakım ve onarımdan geçirilmelidir. Bakım esnasında kablo ezilmeleri, gevşek bağlantılar vb. uygunsuz durumların tespit edilmesi ve değiştirilmesi olası bir yangını önleyecektir.

4. Proje dışı cihaz kullanımının önüne geçilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır (TBMM, 2001). Kurallara uymayanlar hakkında caydırıcı cezalar uygulanmalıdır.
5. Mümkün olduğu kadar kablolar ek yapılmamalıdır. Mutlaka ek yapılması gerekiyorsa klemens kullanılmalıdır.
6. Çocukların bulunduğu kreş anaokulu, anasınıfı vb. yerlerde alıcı elemanlar kapalı tipte olmalıdır.
7. Elektrik tesisatının bakım ve kontrollerinde termal kameralar kullanılmalıdır. Termal kameralar oldukça etkin çözümler sağlayarak elektrik tesisatında ısınan bölgelerin tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Termal kameraların yaygınlaşması ile elektrik tesisatındaki zafiyetlerin tespiti de kolaylaşacaktır (Allianz Sigorta, 2014).
8. Dağıtım firmaları ve idarecilerin yönetmeliklere uyulması sağlanmalı kurallara uymayan kişiler için caydırıcı önlemler alınmalıdır (Selçuk Üniversitesi, 2007).
9. Binalarda branşman hattı sorumluluk, kontrol ve değişiklik yetkisinin dağıtım firmalarına bırakılması muhtemel yangınların önüne geçecektir (Resmi Gazete, 2007).
10. En az 20 yaşındaki okullarda;
 - a. Yangın güvenliği araştırması yapılmalıdır ve bu okullarda özellikle priz bağlantılarının kontrolü acilen yapılmalıdır.
 - b. Tüm alıcı elemanların bağlantı ve kablo izolasyon kontrolü acilen yapılmalıdır.
11. Aynı sokak aynı cadde ve aynı mahallede çıkan yangınların acilen araştırılması gerekmektedir. Bunun için Büyükşehir Belediye İtfaiye Daire Başkanlıkları ile ortak çalışmalar yapılmalı ve bu tür yangınların tesadüf olup olmadığı araştırılmalıdır (Konya Büyükşehir Belediye Başkanlığı, 2018).
12. Elektrik tesisatına darbe koruma düzenleri ve trimbox gibi gerilim sönümleyici cihazların takılması faydalı olacaktır (Trimbox, 2017).
13. Tüm kamu binalarında çay ocaklarının okul elektrik hattından ayrılması bina yükünü ve olası yangın tehlikesini azaltacaktır.

Sonuç olarak elektriksel yangınlar özellikle de güç aşımı sonucu kablo ısınmaları ile oluşan kısa devre yangınları doğal afet değildir, gerekli tedbir ve önlemler alındığı takdirde önlenbilir.

TEŞEKKÜR

Bu makale 17401186 nolu BAP projesinden yayımlanmıştır. Bu çalışmaya, desteklerinden dolayı Bozkır Kaymakamı'na, Bozkır İlçe Milli Eğitim Müdürü'ne teşekkür ederim.

Kaynakça

- Anadolu Sigorta Bülteni. (2012), *İşletmelerde Elektrik Sistemleri Kaynaklı Yangınlar ve Yangınlara Karşı Alınabilecek Önlemler*, 22 Mayıs 2018 tarihinde <http://anadolurisk.com.tr/tr/bulten/isletmelerde-elektrik-sistemleri-kaynakli-yaniginlar-ve-yaniginlara-karsi-alinabilecek-onlemler> adresinden alındı.
- Yılmaz, Z. (2006), Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. *Tesisat Muhendisligi Dergisi*, (91), 7-15.
- Meral, M. E., Ahmet, T., ve Tümay, M. (2009), Elektrik tesislerinde enerji verimliliği. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 14(1).
- Aksoy, A. (2018). *Elektrik Kaynaklı Yangınlar*. <https://aktif.net/tr/Aktif-Blog/Teknik-Makaleler/Elektrik-Kaynakli-Yanginlar>
- Redsicker, David R., ve O'Connor, John J. (1996) *Practical Fire and Arson Investigation*. CRC Press.
- Anadolu Sigorta Bülteni (t.y.) *İşletmelerde Elektrik Sistemleri Kaynaklı Yangınlar ve Yangınlara Karşı Alınabilecek Önlemler* 22 Mayıs 2018 tarihinde <http://anadolurisk.com.tr/tr/bulten/isletmelerde-elektrik-sistemleri-kaynakli-yaniginlar-ve-yaniginlara-karsi-alinabilecek-onlemler> adresinden alındı.
- Resmi Gazete, (1996), *Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği*, 10 Mayıs 2018 tarihinde http://www.emoorg.tr/mevzuat/mevzuat_detay.php?kod=65 adresinden alındı.
- Resmi Gazete (2011), *Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik*, 21 Mayıs 2018 <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.15437&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=> adresinden alındı.
- Resmi Gazete, (2007), *Tasarruf Tedbirleri Genelgesi*, 20 Eylül 2018 tarihinde <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/01/20070118-13.htm> adresinden alındı.
- Selçuk Üniversitesi, (t.y), *Tasarruf Tedbirleri*, 27 Mayıs 2018 tarihinde <https://www.selcuk.edu.tr/dosyalar/files/104/Tasarruf%20Tedbirleri.pdf> adresinden alındı.
- Türkiye Büyük Millet Meclisi Tutanakları, (2001). 15 Eylül 2018 tarihinde <https://www.tbmm.gov.tr/tutanaklar/tutanak/TBMM/d21/c062/b097/tbmm210620970731.pdf> adresinden alındı.
- Resmi Gazete, (2003), *Elektrik İç Tesisleri Proje Hazırlama Yönetmeliği Proje Aşamaları*, 21 Ekim 2018 tarihinde <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/12/20031203.htm> adresinden alındı.
- Allianz Sigorta, (2014), *Elektrik Nedenli Yangınlar*, 27 Mayıs 2018 <https://www.allianzsigorta.com.tr/tr/hakkimizda/risk-muhendisligi/risk-konulari/Diger-Riskler/Elektrik-Nedenli-Yanginlar/> adresinden alındı.
- Elektrik Yangını Nasıl Çıkar ve Nasıl Önlenir*, (2017). 27 Mayıs 2018 <https://trimbox.com.tr/elektrik-yanigini-nasil-cikar-ve-nasil-onlenir> adresinden alındı.
- Bozkır Kaymakamlığı, (2018), *Bilgi İhtiyacı*, Sayı: 19923680-492-E.274.
- Resmî Gazete, (2017), *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan, Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği*, 28 Ekim 2018 tarihinde <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170601-9.htm> adresinden alındı.
- Konya Büyükşehir Belediye Başkanlığı, (2018), *Yangın İstatistik Bilgileri*, Sayı: 51916638-622.01-1162-10716.



LTE/5G Mobil Terminaller için Log-Periyodik Tekniği Kullanılan Üç Bant Dört Elemanlı MIMO Anten Dizisi

Mehmet Yerlikaya^{1*}, Seyfettin Sinan Gültekin², Dilek Uzer³

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

³Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803514)

ATIF/REFERENCE: Yerlikaya, M., Gültekin, S. S. & Uzer, D. (2020). LTE/5G Mobil Terminaller için Log-Periyodik Tekniği Kullanılan Üç Bant Dört Elemanlı MIMO Anten Dizisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 231-236.

Öz

Bu çalışmada, günümüz teknolojisi olan LTE ya da 4.5G ile gelecek nesil olarak da bilinen beşinci nesil (5G) mobil iletişimde kullanılan mobil terminaller için dört elemanlı çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO) mimarisinde yeni bir yama anten dizisi sunulmuştur. Önerilen anten dizisinde yer alan her bir eleman log-periyodik yama şeklinde tasarlanmış ve karşılıklı gelen MIMO elemanları birbirinin özdeşi olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bilindiği gibi, günümüzde yer alan mobil cihazlar oldukça kompakt yapıya sahiptirler. Bu cihazlarda yer alan anten sistemlerinin de bu boyutlara uygun olmaları gerektiğinden, önerilen antenin toplam boyutu $80 \times 150 \text{ mm}^2$ ile standart bir akıllı cihazla eşdeğerdir. Önerilen antenin tasarımından sonra, 4.3 nispi geçirgenliğe ve 1.6 mm kalınlığa sahip FR4 substrat üzerine baskı devre (PCB) teknolojisi kullanılarak prototip üretimi de gerçekleştirilmiştir. Önerilen antenin ölçüm ve simülasyon değerleri arasında büyük oranda bir benzerlik elde edilmiştir. Önerilen dört elemanlı MIMO anten, 2.5-3 GHz, 3.3-4.2 GHz ve 4.95-6 GHz frekans bantları arasında -10 dB ve altında ölçülen yansıma katsayısı değerleri ile üç bant ışıma yapmaktadır. Bu frekans bantları sırasıyla LTE 46, LTE 38 ve 5G C-bantlarını tam olarak kapsamaktadır. Belirtilen frekans bantlarında 16 dB ve üzerinde bir izolasyon seviyesi ile oldukça iyi bir karşılıklı kuplaj değerine sahiptir. Bununla birlikte, önerilen üç bantlı MIMO anten 2.6 GHz, 3.6 GHz ve 5.5 GHz rezonans frekans noktalarında sırasıyla 0.7 dBi, 3.5 dBi ve 4 dBi olacak şekilde kazanç değerleri vardır. Ayrıca, önerilen MIMO anten dizisi belirtilen üç frekans bandı için de %60 ve üzerinde bir verimliğe sahiptir. Son olarak, ışıma patternleri incelendiğinde, önerilen MIMO anten dizisinin her üç frekans noktasında da çok yönlü bir ışıma sergilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yama anten, 5G, LTE, MIMO, Log-periyodik, 6 GHz-altı.

Triple-Band Four-Element MIMO Antenna Array Using Log-Periodic Technique for LTE/5G Mobile Terminals

Abstract

In this study, a new antenna array in four element multiple input multiple output (MIMO) architecture is presented for mobile terminals that used in today's mobile technology of LTE or 4.5G and fifth generation (5G) mobile communication, also known as the next generation. Each MIMO element in the proposed antenna array is designed as a log-periodic patch, and the corresponding MIMO elements are placed identical to each other. As is known, today's mobile devices have a very compact structure. Since the antenna systems in these devices must also comply with these dimensions, the overall size of the proposed antenna is $80 \times 150 \text{ mm}^2$ which is equivalent to a standard smartphone. After designing the proposed antenna, prototype production was also carried out using printed circuit board (PCB) technology on FR4 substrate with 4.3 relative permeability and 1.6 mm thickness. There is a great agreement between the measured and simulated results of the proposed antenna. The proposed four-element MIMO antenna emits three bands with

* Sorumlu Yazar: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye, ORCID: 0000-0000-0000-0000, myerlikaya@kmu.edu.tr

reflection coefficient values of -10 dB or below between the frequency bands 2.5-3 GHz, 3.3-4.2 GHz and 4.95-6 GHz. These frequency bands fully cover the LTE 46, LTE 38 and 5G C-bands, respectively. It has a fairly good mutual coupling value with an isolation level of 16 dB or above in the specified frequency bands. However, the recommended tri-band MIMO antenna has gain values of 0.7 dBi, 3.5 dBi and 4 dBi at the 2.6 GHz, 3.6 GHz and 5.5 GHz resonant frequency points, respectively. In addition, the proposed MIMO antenna array has an efficiency of 70% and above for all three specified frequency bands. Finally, when the radiation patterns were examined, it was seen that the proposed MIMO antenna array displayed a versatile radiation at all three frequency points.

Keywords: Patch antenna, 5G, LTE, MIMO, Log-periodic, Sub-6 GHz.

1. Giriş

1980'lerde analog iletişimin kullanıldığı 1. Nesil (1G) teknolojisi ile başlayan ve günümüzde dijital iletişimin kullanan 4. Nesil (4G) haberleşmeye kadar mobil iletişim teknolojisi, son derece hızlı bir gelişme ile her dönemde son kullanıcılara yeni hizmetler ve özellikler sunmuştur. Yüksek veri hızları, düşük bağlantı gecikmesi, düşük maliyet, düşük enerji kullanımı ve daha fazla kullanıcıya yönelik destek için artan talep, yeni nesil olarak adlandırılan beşinci nesil (5G) teknolojinin ortaya çıkmasının yolunu açtı [1]. 5G teknolojisinin ticarileştirilmesi için en önemli beklenti, frekans spektrum paylaşımı başta olmak üzere gerekli tüm standartların belirlenmesidir. Günümüzde, hücresel haberleşme olarak da bilinen mobil iletişim teknolojisi, daha çok 3 GHz spektrumunun altındaki frekansları yaygın olarak kullanmaktadır. Bu durum özellikle 3 GHz altındaki frekanslarda sıklıkla neden olmaktadır. 5G iletişim frekans spektrumu, fiziksel özellikler açısından 6 GHz altı ve 6 GHz üstü olarak iki aralıkta tanımlanmaktadır [2]. Tüm servis sağlayıcıların 2020 sonrası için birincil olarak kullanacakları bant 3.3-4.2 GHz frekans aralığında yer alan 5G C-bandıdır. Bu frekans bandının ilk aşamada tercih edilme sebebi ise, kanal kapasitesinin yüksek ve kapsama alanının geniş olmasıdır [3,4]. Buna ek olarak, 2500-2690 MHz frekans aralığında tanımlı LTE Bant-38 ile 5150-5925 MHz aralığında yer alan LTE Bant-46, MIMO uygulamaları için 5G mobil terminallerde kullanılmak üzere önemli bir rekabet potansiyeline sahiptir [5].

Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO), iki veya daha fazla antenin aynı anda hem iletim hem de radyo kanalı üzerinden alım için kullanılması anlamına gelir. MIMO teknolojisinde daha yüksek veri hızları elde etmek için çoklu yol kullanılır. Bunun neticesinde fazladan frekans bant genişliği kullanmadan bant aralığı artar, böylece farklı hizmetler için yüksek veri hızlarına duyulan ihtiyaca yönelik spektral verimlilik artar. Bu nedenle MIMO teknolojisi, 5G hücresel iletişimin gerekli veri aktarım hızlarına ulaşmak için en umut verici teknolojidir [6,7].

Teorik olarak bir MIMO sisteminin kapasitesi, MIMO anten elemanlarının sayısı ile doğru orantılı artar, ancak aynı anten elemanlarının sınırlı alana sahip mobil cihazlarda birbirine yakın yerleştirilmesi neticesinde yüksek karşılıklı kuplaja neden olur. Bu durum da anten sisteminin performansını ve kapasitesini düşürür. Günümüz için -10 dB ve altında yer alan izolasyon seviyesi, 6 GHz altı 5G MIMO anten sistemleri için kabul edilebilir seviye olarak kabul edilmektedir [8].

Literatürde 5G mobil terminalleri için bazı çoklu bant MIMO çalışmaları yer almaktadır [9-12]. Bu çalışmalardan 3.5/5.8GHz çift bantlı çalışma performansı elde eden [9]'da asimetrik olarak yansıtılmış yapı da kullanılmıştır. Kuplaj beslemesi ve T-şekilli yuva elemanlarının kullanıldığı [10]'da ise, 6 GHz altı çalışma için on elemanlı bir dizi şeklinde tasarlanan sistem çalışma bantları olan 3400-3800 MHz ile 5150-5925 MHz frekans aralıklarında sırasıyla -10 dB ve -12.5 dB izolasyona sahiptir. Bir diğer çalışmada, her bir elemanın iki halka yapısından oluştuğu 8 elemanlı bir MIMO dizisi yer almaktadır [11]. 5G 6 GHz altı mobil terminaller için önerilen bu MIMO dizisi, -6 dB'den düşük yansıma katsayısı kriteri altında 440 MHz (3.38-3.82 GHz) ve 800 MHz (4.80-5.60 GHz) bant genişliğine sahip iki bantta 15 dB üzerinde bir izolasyonla ışımaya yapmaktadır. Son olarak [12]'de, 5G mobil terminalleri için iki uzun yan kenarı boyunca yerleştirilmiş iki simetrik dört ögeli alt diziden oluşan kompakt bir sekiz ögeli bir MIMO anten dizisi sunulmuştur. Önerilen MIMO anten dizisi, üç rezonans frekansı olan iki geniş bant kapsama ile 3 bantlı bir ışımaya ve elemanlar arasında 10 dB ve üzeri bir izolasyona sahiptir.

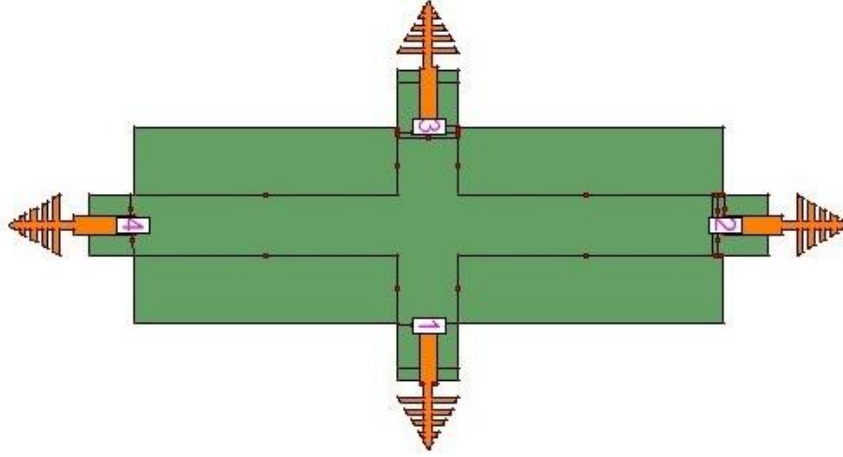
Bu çalışmada, mobil terminaller için karşılıklı ikişer simetrik elemandan oluşan toplam 4 elemanlı bir 5G MIMO anten dizisi önerilmiştir. Dizi elemanlarının her biri log-periyodik anten benzeri bir yamadan oluşan MIMO anten dizisi, -10 dB yansıma katsayısı kriterinde üç bant çalışmaktadır. Antenin ışımaya yaptığı bantlar sırasıyla; LTE 38 bandını kapsayan 2500-3000 MHz, 5G n77 ve n78 bantlarını kapsayan 3.2-3.8 GHz ve LTE 46 numaralı bandı kapsayan 4.95-6 GHz frekans aralıklarında çalışmaktadır. MIMO elemanları arasında oldukça iyi bir karşılıklı kuplaj seviyesine sahip anten dizisinde tüm çalışma bantlarında 16 dB ve üzeri bir izolasyon değeri ölçülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada önerilen dört elemanlı MIMO anten dizisinin tasarım ve performans incelemeleri IE3D elektromanyetik simülasyon yazılımı ile elde edilmiştir [13]. Tasarım süreci sonrasında belirlenen antenin prototip üretimi baskı devre (PCB) teknolojisi ile gerçekleştirildikten sonra performans ölçümleri yansısız oda içerisinde Keysight vektör network analizörü (VNA) ve EBTR0 EAMS anten ölçüm sistemi ile yapılmıştır.

2.1. MIMO Anten Geometrisi

Mobil terminal uygulamaları için önerilen üç bantlı dört elemanlı 5G MIMO dizinin konfigürasyonu Şekil 1'de gösterilmektedir.

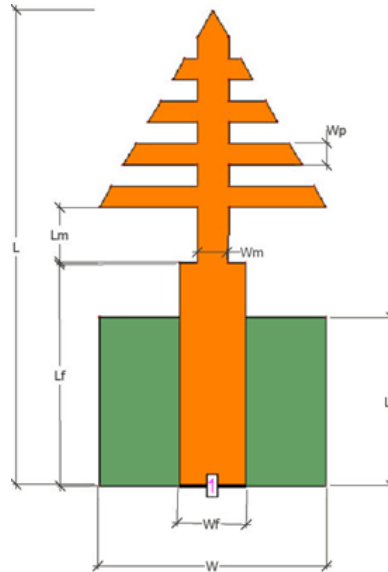


Şekil 1. Önerilen dört elemanlı MIMO anten dizisi konfigürasyonu

Şekilde görüldüğü üzere tüm elemanların yama düzlemleri birbiri ile eşittir. Elemanlar arasındaki farklılık sadece dikdörtgen toprak düzlemlerindedir. Kısa kenar üzerinde yer alan elemanların toprak düzlemleri uzun kenar üzerindeki dizi elemanlarının toprak düzlemlerinden daha kısadır. Bu uzunluk farkı antenlerin besleme noktaları açısından da farklılık göstermesine neden olmuştur. MIMO anten sistemi için belirlenen toplam boyut $150 \times 80 \text{ mm}^2$ ile standart bir akıllı telefon boyutudur.

2.1.1. MIMO Elemanı Yapısı

Yama antenlerde bant genişliğini artırmak için bazı yöntemler vardır. Literatürde kullanılan yöntemlerden birisi de log-periyodik yama kullanmaktır [14]. Önerilen dört elemanlı MIMO dizisinde yer alan her bir log-periyodik yama elemanının detaylı 2B geometrisi Şekil 2'de verilirken boyutları açıklamaları ile birlikte Tablo 1'de sunulmuştur.



Şekil 2. Log-periyodik MIMO elemanı 2B geometrisi

Şekilde görüldüğü üzere, önerilen anten yaması boyutu $9.3 \times 10.7 \text{ mm}^2$ olan bir log-periyodik diziden oluşur. Bu log-periyodik yama, 3.1 mm genişliğinde ve 10.5 mm uzunluğunda bir mikroşerit besleme hattı ile beslenir. Ek olarak, mikroşerit besleme hattı ile yama arasındaki empedans eşleşmesini artırmak için 1,5 genişlik ve 2.7 mm uzunlukta bir şerit hat eklenmiştir.

Tablo 1. Log-periyodik MIMO elemanı boyutları ve açıklamaları

Boyut	Açıklama	Büyükük (mm)
W	MIMO eleman genişliği	10.7
L	MIMO eleman uzunluğu	22.5
W_f	MIMO elemanı besleme hattı genişliği	3.1
L_f	MIMO elemanı besleme hattı uzunluğu	10.5
W_m	Uyumlandırma hattı genişliği	1.5
L_m	Uyumlandırma hattı uzunluğu	2.7
W_p	Log-periyodik eleman kalınlığı	1
L_g	Toprak düzlemi uzunluğu	8 - 10

2.2. Anten Üretimi

Önerilen MIMO antenin tasarım sürecinden sonra prototipi de üretilmiştir (Şekil 3). Anten tasarımında 4.3 dielektrik sabiti, 0.02 tanjant kaybı olan 1.6mm kalınlıkta bir FR4 substrat kullanılmıştır. Antenin üretimi LPKF Protomat türü cihazla PCB teknoloji ile üretilmiştir. Baskı devre ile üretilen antene RF sinyal verebilmek ve ölçüm alabilmek için 50 ohm SMA konnektörler lehimlenmiştir.



(a)

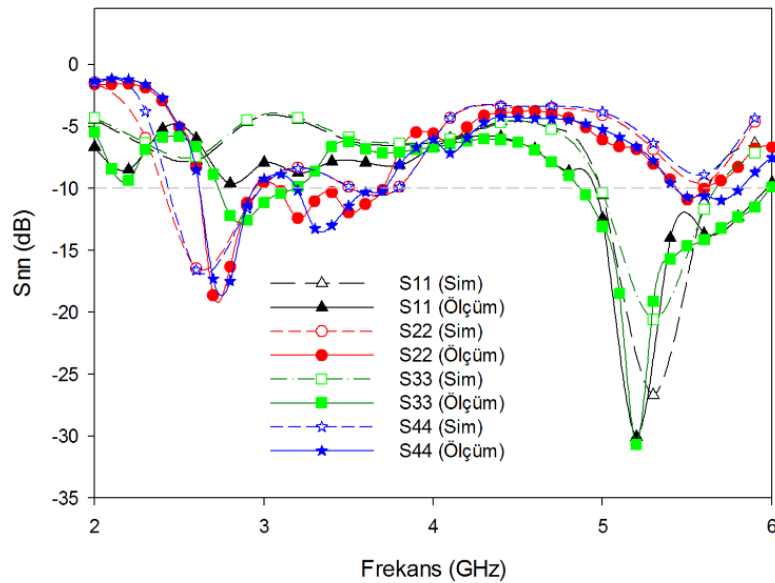


(b)

Şekil 3. Log-periyodik MIMO anten prototipi (a) üstten görünüm (b) alttan görünüm

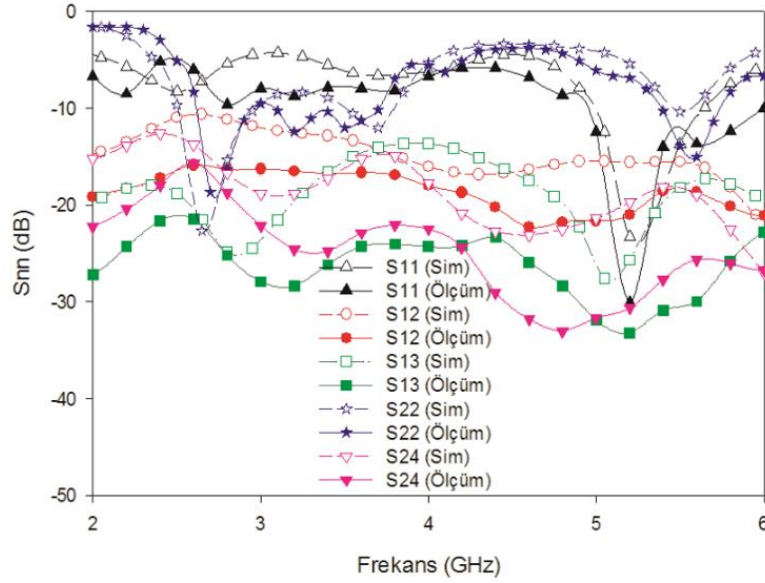
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Önerilen log-periyodik elemanlı MIMO antenin yansıma katsayısı değerleri ölçüldüğünde, anten dizisinin -10 dB referansına göre 2.5-3 GHz, 3.3-4.2 GHz ve 4.95-6 GHz olacak şekilde üç bant çalıştığı görülmektedir. Bununla birlikte, ölçüm ve simülasyon S_{nn} değerleri arasında büyük oranda benzerlik olduğu şekilden anlaşılmaktadır.



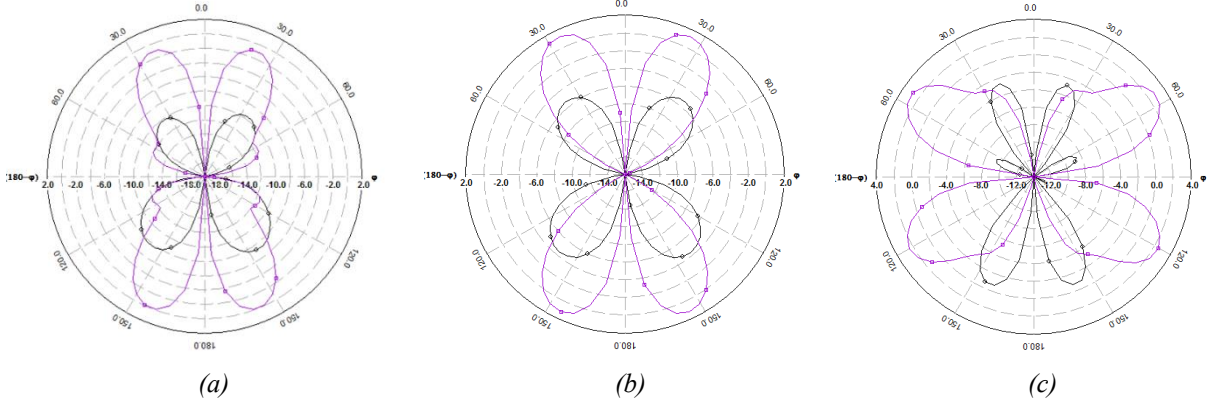
Şekil 4. Log-periyodik MIMO anten karşılaştırmalı ölçüm ve simülasyon yansıma katsayıları

Anten tasarımında tüm bantlarda 12 dB üzeri bir izolasyon seviyesi elde edilirken, ölçüm sonuçlarında izolasyon seviyesi tüm çalışma frekans aralıkları için 16 dB'den daha iyi bir değer ölçülmüştür.



Şekil 5. Log-periyodik MIMO anten karşılaştırmalı ölçüm ve simülasyon iletim katsayıları

Önerilen MIMO antenin rezonans frekans noktaları olan 2.6 GHz, 3.6 GHz ve 5.5 GHz için simüle edilen xz ($\phi = 0^\circ$ veya E-düzlemi) ve yz ($\phi = 90^\circ$ veya H-düzlemi) düzlemleri için 2B ışınım patternleri Şekil 6'da verilmektedir. Grafiklerde mor renkli çizgiler xz düzlemindeki değerleri, siyah renkli çizgiler ise yz düzlemindeki değerleri göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, MIMO anten dizisi her üç frekans noktası için de çok yönlü bir ışınım sergilemektedir. Belirtilen frekans noktaları için maksimum kazanç değerleri ise sırasıyla sırasıyla 0.07 dBi, 1.9 dBi ve 2.3 dBi olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Log-periyodik MIMO anten ışınım patternleri (a) 2.6 GHz (b) 3.6 GHz (c) 5.5 GHz

4. Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışmada LTE ve 5G mobil cihazları için üç bant çalışabilen dört elemanlı bir MIMO anten dizisi önerilmiştir. Log-periyodik yama dizi elemanlarından oluşan MIMO antenin toplam boyutu, bir akıllı cihaz boyutu olacak şekilde $80 \times 150 \text{ mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Her bir MIMO dizi elemanının yama boyutu ise, $9.3 \times 10.7 \text{ mm}^2$ olacak şekilde ayarlanmıştır. Kalınlığı 1.6mm olan FR4 malzeme ile üretimi gerçekleştirilen antenin, çalışma bantları da 2.5-3 GHz, 3.3-4.2 GHz ve 4.95-6 GHz olarak ölçülmüştür. Tüm bu özellikleri ile önerilen MIMO anten, gelecek nesil 6 GHz altı uygulamalar için uygun bir çalışma olarak değerlendirilebilir.

Kaynakça

- [1] Rappaport, T. S., Sun, S., Mayzus, R., Zhao, H., Azar, Y., Wang, K., Schulz, J. K., Samimi, M., and Gutierrez, F. (2013). Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work!. IEEE access, 1, 335-349.
- [2] Lee, J., Tejedor, E., Ranta-aho, K., Wang, H., Lee, K. T., Semaan, E., Mohyeldin, E., Song, J., Bergljung, C., and Jung, S. (2018). Spectrum for 5G: Global status, challenges, and enabling technologies. IEEE Communications Magazine, 56(3), 12-18. J. Lee, E. Tejedor, K. Ranta-aho, H. Wang, K. T. Lee, E. Semaan, S. Jung, "Spectrum for 5G: global status, challenges, and enabling Technologies", IEEE Communications Magazine, vol. 56 (3), pp. 12-18, 2018.
- [3] Marcus, M. J. (2015). 5G and" IMT for 2020 and beyond"[Spectrum Policy and Regulatory Issues]. IEEE Wireless Communications, 22(4), 2-3.

- [4] Saxena, S., Kanaujia, B. K., Dwari, S., Kumar, S., and Tiwari, R. (2018). MIMO antenna with built-in circular shaped isolator for sub-6 GHz 5G applications. *Electronics letters*, 54(8), 478-480.
- [5] Bajracharya, R., Shrestha, R., Zikria, Y. B., and Kim, S. W. (2018). LTE in the unlicensed spectrum: A survey. *IETE Technical Review*, 35(1), 78-90.
- [6] Kildal, P. S., and Rosengren, K. (2004). Correlation and capacity of MIMO systems and mutual coupling, radiation efficiency, and diversity gain of their antennas: simulations and measurements in a reverberation chamber. *IEEE Communications Magazine*, 42(12), 104-112.
- [7] Andrews, J. G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S. V., Lozano, A., Soong, A. C., and Zhang, J. C. (2014). What will 5G be?. *IEEE Journal on selected areas in communications*, 32(6), 1065-1082.
- [8] Li, Y., Luo, Y., and Yang, G. (2019). High-isolation 3.5 GHz eight-antenna MIMO array using balanced open-slot antenna element for 5G smartphones. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 67(6), 3820-3830.
- [9] Wong, K. L., Lin, B. W., and Li, B. W. Y. (2017). Dual-band dual inverted-F/loop antennas as a compact decoupled building block for forming eight 3.5/5.8-GHz MIMO antennas in the future smartphone. *Microwave and Optical Technology Letters*, 59(11), 2715-2721.
- [10] Li, Y., Luo, Y., and Yang, G. (2018). Multiband 10-antenna array for sub-6 GHz MIMO applications in 5-G smartphones. *IEEE Access*, 6, 28041-28053.
- [11] Hu, W., Qian, L., Gao, S., Wen, L. H., Luo, Q., Xu, H., Liu, X., Liu, Y., and Wang, W. (2019). Dual-band eight-element MIMO array using multi-slot decoupling technique for 5G terminals. *IEEE Access*, 7, 153910-153920.
- [12] Wang, H., Zhang, R., Luo, Y., & Yang, G. (2020). Compact Eight-Element Antenna Array for Triple-Band MIMO Operation in 5G Mobile Terminals. *IEEE Access*, 8, 19433-19449.
- [13] IE3D, HyperLynx 3D EM, Mentor Graphics.
- [14] Yerlikaya, M., Gültekin, S. S., & Dilek, U. Z. E. R. (2020). A novel design of a compact wideband patch antenna for sub-6 GHz fifth-generation mobile systems. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, (View), 129-133.



Evaluation and Comparison of Electromagnetic and Scattering Parameters Data of Two Microstrip Patch Antennas Operating in ISM Band for Cancer Detection

Rabia Top^{1*}, Seyfettin Sinan Gültekin² and Dilek Uzer²

¹ Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Karaman, Turkey (ORCID: 0000-0002-3306-1163)

² Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-6287-9124 and 0000-0003-3850-3810)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804330)

ATIF/REFERENCE: Top, R., Gultekin, S. S. & Uzer, D. (2020). Evaluation and Comparison of Electromagnetic and Scattering Parameters Data of Two Microstrip Patch Antennas Operating in ISM Band for Cancer Detection. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 237-244.

Abstract

Cancer diseases significantly affect lives of many people for last years. The diagnosis and treatment process is quite difficult and painful. It is especially important to reach the result of pathological tissue samples in which the structure of the cancerous tissue is determined and helps to shape the treatment in a short time. Today, it may take days or even months to obtain these results. In this study, microstrip antenna structures that are frequently used due to many advantages in biomedical applications are studied. Electromagnetic field and scattering parameter data of two antennas operating in the 2.45 GHz and 5.8 GHz operating frequency in ISM (Industrial, Scientific and Medical) band region are analyzed and compared. Pathological sample transformed form of tumor and normal skin tissue is simulated and compared in Ansys' HFSS program. Both the electric field values and the S-parameter values were compared by obtaining the values of both antennas at 2.45 GHz and 5.8 GHz from simulations. When looking at the results obtained, the difference rates in the data obtained from the antenna results radiating in the 2.45 GHz region are higher as a percentage. Thus, it is possible to say that it is more advantageous to use the 2.45 GHz frequency in antenna structures used for this purpose compared to the 5.8 GHz radiation area.

Keywords: Cancer Detection, Microstrip Patch Antenna, Electric Field, ISM Band, HFSS.

Kanser Hastalığı Tespitine Yönelik ISM Bandında Çalışan Mikroşerit Yama Yapılı İki Antenin Elektromanyetik Alan ve Saçılma Parametreleri Verilerinin Değerlendirilmesi ve Kıyaslanması

Öz

Kanser hastalıkları günümüzde birçok insanın hayatını önemli ölçüde etkilemektedir. Teşhis ve tedavi süreci ise oldukça zor ve ağrılıdır. Özellikle kanserli dokunun yapısının belirlendiği ve tedavinin şekillenmesine yardımcı olan patolojik doku örneklerinin sonucuna kısa sürede ulaşmak önemlidir. Günümüzde bu sonuçlara ulaşmak günler hatta aylar sürebilmektedir. Bu çalışmada biyomedikal uygulamalarda birçok avantajı sebebi ile sıkça kullanılan mikroşerit anten yapıları çalışılmaktadır. ISM band bölgesinde bulunan 2.45 GHz ve 5.8 GHz ışınma bölgelerinde çalışan iki adet antenin elektromanyetik alan ve saçılma parametre verileri incelenmekte ve kıyaslanmaktadır. Tümörlü ve normal deri dokusunun patolojik numune dönüştürülmüş hali Ansys'in HFSS programında simüle edilerek kıyaslanmaktadır. Her iki antenin hem 2.45 GHz'deki hem de 5.8 GHz'deki değerleri simülasyonlardan elde edilerek hem elektrik alan değerleri hem de S-parametre değerleri kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, 2.45 GHz bölgesinde ışınma yapan anten sonuçlarından elde edilen verilerdeki farklılık oranları yüzde olarak daha fazladır. Böylelikle bu amaçla kullanılan anten yapılarında 2.45 GHz ışınma bölgesini kullanmanın 5.8 GHz ışınma bölgesini kullanmaya göre daha avantajlı olduğunu söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Kanser Tespiti, Mikroşerit Yama Anten, Elektrik Alan, ISM band, HFSS.

* Corresponding Author: Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Karaman, ORCID: 0000-0002-3306-1163, rabiatorp@kmu.edu.tr

1. Introduction

Pathology, that is the science of disease, can be defined as the study of diseases by scientific methods. Pathology; examines the causes of diseases, how these diseases affect tissues and organs, and the formal and visual characteristics of diseased tissues and organs. For this reason, pathology has an important place in medical science. Pathology is a branch of science that provides easier understanding of diseases by adding the abnormal appearance of diseased organs to the naked eye or under the microscope to the information learned in anatomy and physiology. The contribution of pathological examination to the diagnosis of the disease and the determination of the appropriate treatment method is quite great in areas where tissue forms and appearance are very helpful in decision making. Today, along with the diagnosis of tumors, pathological examination is necessary and mandatory for the definitive diagnosis of many diseases (Patterson, 2014; Nakhleh, 2006).

Evaluation and reporting of tissues can take pathologists sometimes even hours. In addition, depending on the number of patients, it can sometimes take months to report the results of the tissue pieces taken. In addition to all these, considering the human factor, there is no mechanism to check the accuracy of the reports prepared by pathologists based on daily life and human feelings.

Therefore, with this study, it is aimed to provide an initial study to detect a tumor tissue using antenna structures (Mahmud, Islam, Misran, Kibria, & Samsuzzaman, 2018; Ouerghi et al., 2017; Raihan, Alam Bhuiyan, Hasan, Chowdhury, & Farhin, 2017; Rossmann, Rattay, & Haemmerich, 2012). Antennas are used in various biomedical applications. It is possible to find studies on various medical problems in the literature (Catherwood & McLaughlin, 2018; Hasan, Shanto, Howlader, & Jahan, 2018; Meaney et al., 2012; Nalam, Rani, & Mohan, 2014; Nesusudha & Fairy, 2018; Rahaman & Delwar Hossain, 2019; Susila & Fathima, 2017). However, it has not been encountered to examine pathological data with an approach based on antennas structures.

The adaptation of the antenna structures used for various biomedical solutions to the biomedical field has been proven by the studies carried out until today. Microstrip patch antennas are the most preferred structure among these antenna types (Jha et al., 2018; Ketavath, Gopi, & Rani, 2019; Nesusudha & Fairy, 2018; Paracha et al., 2019; Rezaeieh, Antoniadis, & Abbosh, 2018; Sabban, 2018; Tofighi & Pardeshi, 2017; Yan, Soh, & Vandenbosch, 2018; Yilmaz, Foster, & Hao, 2019). Designing microstrip antenna structures in a variety of shapes and sizes is easy and relatively inexpensive. Microstrip antenna structures have been used due to their advantages such as lightness and easy integration into different patch and slot applications (S Dey, Letters, & 1996, n.d.; Supriyo Dey & Mitra, 1996; Lane, Biondi, JS Pleva - US Patent 5, & 1995, n.d.; letters & 1995, n.d.; Luk, Mak, Chow, letters, & 1998, n.d.; Singh & Tripathi, 2011). In the study, the outputs of normal and cancerous skin tissue in two different frequency regions of the microstrip antenna structure taken from a reference source (Yang & Xiao, 2018) and one of our own antenna structure (Top, 2017) were investigated. 2.45 GHz and 5.8 GHz operating frequencies were chosen because they are in the ISM (Industrial, Scientific and Medical) band ("Sinai, Bilimsel ve Tibbi Elektronik Cihazların İmali ve Kullanılması Hakkında Yönetmelik," 1985). Cancerous and normal skin tissues were modeled in Ansys HFSS program. The scattering parameter values and electric field values obtained with the antenna structures of the pathological sample models introduced to the program were compared. The comparison of data obtained for both 2.45 GHz and 5.8 GHz frequency values is evaluated.

Section 2 explains material and method. Section 3 and 4 presents the results, evaluation and conclusion parts, respectively.

2. Material and Method

2.1. Antennas Structures

The designed antenna (Figure 1a) and its return loss graphic (Figure 1b) are showed in Figure 1. FR-4 is used as substrate ($\epsilon_r=4.4$). The height is 1.6 mm. A circle with a diameter of 28.84 mm is drawn on the substrate material having a width of 38.3 mm. On the four-axis of the drawn circle, the circles of equal dimensions that have 16 mm diameter are placed. So, antenna radiates at 2.45 GHz as shown in Figure 1. Figure 1b shows the simulation value in the HFSS program and the radiation data of the antenna measured using the network analyzer. As a result of the simulation, it is possible to say that, the return loss value of the antenna structure is -18 dB. And the return loss value is around -40 dB according to the measurement results. As can be seen from the figure, the antenna gives more clear and better radiation values in the free space measurements. For 5.8 GHz radiation area, antenna dimensions: The circle with a diameter of 19 mm is drawn on the substrate material having a width of 38.3 mm. On the four-axis of the drawn circle, the circles of equal dimensions that have 22 mm diameter are placed. Therefore, antenna radiates at 5.8 GHz (Figure 2).

Reference antenna is taken from (Yang & Xiao, 2018). This antenna radiates at 2.45 GHz. It has two layer. One is substrate and other is superstrate. For the layers, Rogers RO6010 ($\epsilon_r=10.2$) is used with thickness of 0.635 mm. Figure 3a shows the antenna structure and Figure 3b shows the return loss graph of this antenna. While adhering the reference, only l_1 and l_g are changed from patch and substrate dimensions. $l_1=11$ mm and $l_g=11.4$ mm are used. Other dimensions are the same with the reference. For 5.8 GHz, $l_1=35$ mm and $l_g=50$ mm are found from simulations. Other dimensions are the same with the reference, again. Antenna radiates at 5.6 GHz about 5.8 GHz. This antenna structure is selected because of operating frequency and being a microstrip patch antenna structure.

Total system occurs two same antenna structures. One is a receiver and other is a transceiver. Two antenna types fed by coaxial probe. Interaction between two antennas is important to obtain better data. The data are scattering parameters and electric field values.

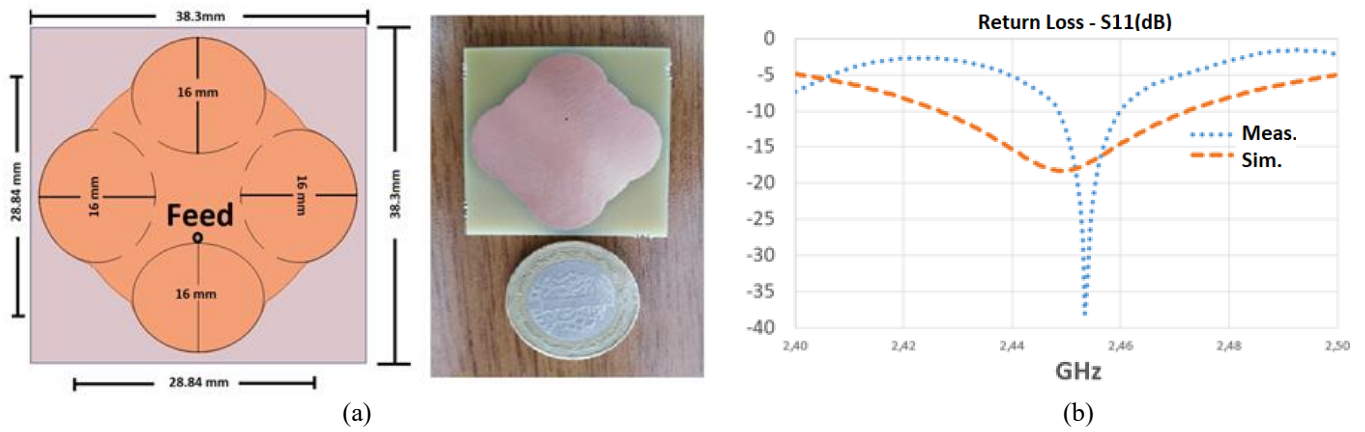


Figure 1. a) antenna structure (top view), b) return loss graph of the proposed antenna.

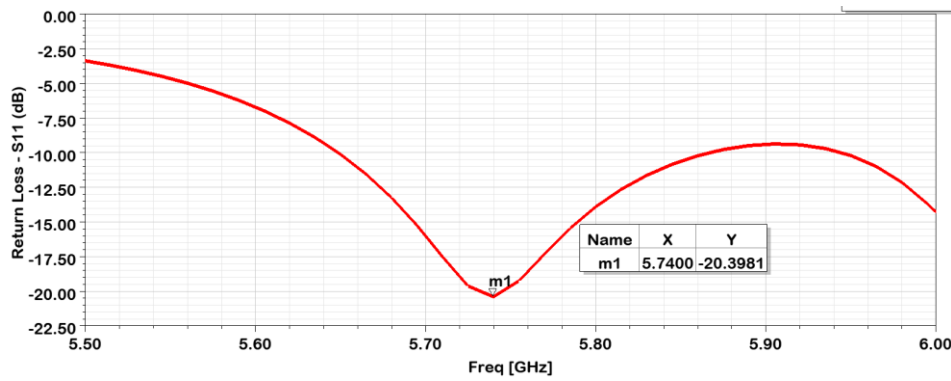


Figure 2. Proposed antenna return loss value at 5.8 GHz

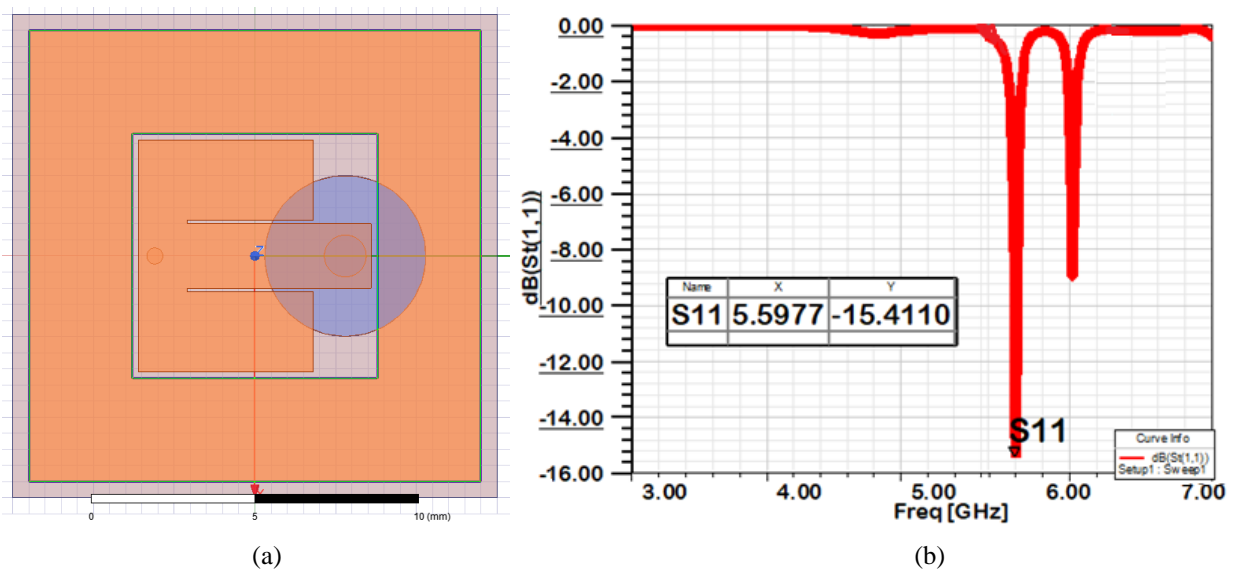


Figure 3. a) antenna structure and b) its return loss value belong to the reference.

2.2. Modelled System Structure

Modelled system structure is showed in Figure 4. This system contains a receiver and transeiver antennas, a glass is called “lam”, normal skin tissue and cancerous skin tissue. Biological tissues have different electrical properties like permittivity, permeability and conductivity etc. So, these tissue properties that came from (Gabriel, 1996) are met to HFSS. Normal skin tissue permittivity is 38 and cancerous skin tissue permittivity is 50. “Lam” is a glass, so there is its permittivity in HFSS. Air distance is selected quarter wavelength. Tumor and skin tissue dimensions are about 25 mm such as a “lam”. And tissue thickness is 5 um because of pathological tissue dimensions that is about 3-5 um.

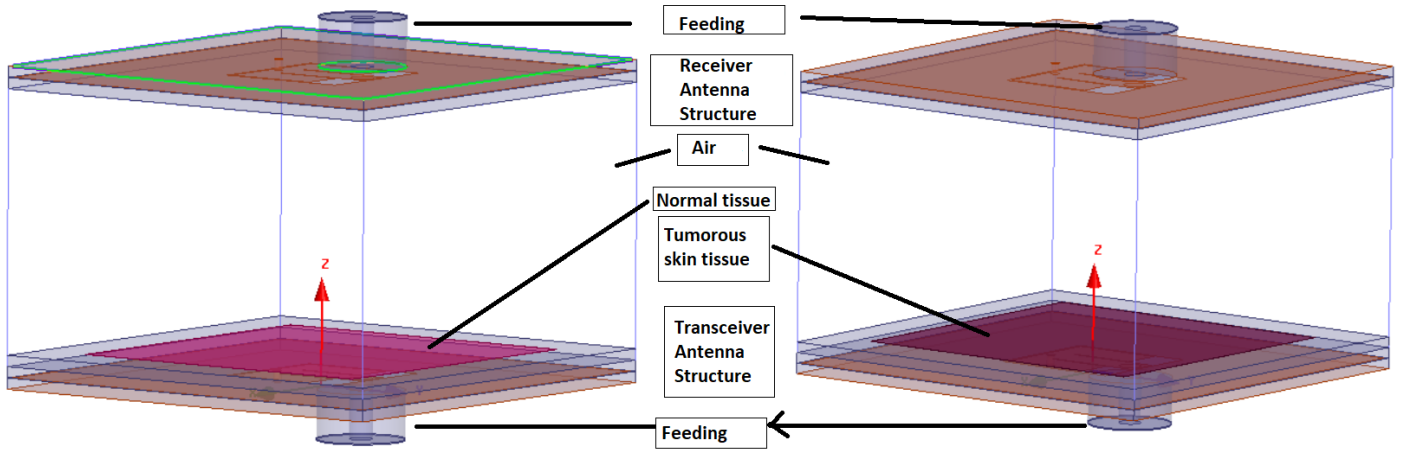


Figure 4. Modelled system structure

3. Results and Evaluation

After simulations, electric field and scattering parameter values are obtained. Scattering parameters are also called S-parameters. S-parameters describe the response of an N-port network to signal(s) incident to any or all of the ports (Figure 5). Equation 3.1 explains the parameter values. The first number in the subscript refers to the responding port, while the second number refers to the incident port. Thus S_{21} means the response at port 2 due to a signal at port 1. The most common "N-port" networks in microwaves are one-port and two-port networks. Here, port number (N) is 2. S_{11} , S_{21} , S_{12} and S_{22} values obtained in dB (Caspers, 2011). These parameters generally explain in dB. While there is S-parameters with tumor and normal skin tissue, values have had from simulation program.

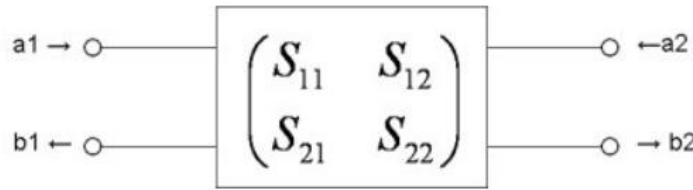


Figure 5. For two port network, S-parameter matrix

$$S_{11} = b_1/a_1, S_{12} = b_1/a_2, S_{21} = b_2/a_1 \text{ and } S_{22} = b_2/a_2 \quad (3.1)$$

Especially in the microwave circuits like this work, electromagnetic field values are important and these values are examined. In the literature, there are a lot of work about electromagnetic field changes of antenna structures. Especially, electric field changes are important, because the biggest difference is of electric field values (Asif, Hansen, Iftikhar, Ewert, & Braaten, 2019; Bao, 2019; Khan, Razzaq, Iqbal, Qamar, & Zubair, 2018; Ma, Sydanheimo, Ukkonen, & Bjorninen, 2018; Nesasudha & Fairy, 2018; Paracha et al., 2019; Rong, Leeson, Higgins, & Lu, 2018; Zamani, Ahdi Rezaeieh, Bialkowski, & Abbosh, 2018).

Table 1 shows the obtained electric field values both proposed and reference antenna structures according to operating frequencies. It can see that the Difference values between normal and tumorous skin tissue. Also, electric field values could be able as a data table from HFSS. These values are in mV because, obtained data table that gives the values as rE . That is mV because, the electric field value is given by multiplying the angular distance (Canonsburg, 2020). Electric field values are got according to ϕ and θ angles. While $\phi=0^\circ$ and 90° , θ changes from 0° to 180° by 10° step. According to obtained data table values at 5.8 GHz for reference antenna type, evaluations are given below:

- When $\phi = 0^\circ$, at $\theta = 130^\circ$ electric field data, the greatest difference between normal and tumorous tissue is found to be 502.22 mV. This value increases by 11% compared to the arithmetic mean in the case of tumor.
- While $\phi = 90^\circ$, the biggest difference in electric field data at $\theta = 160^\circ$ is found as 501.86 mV. This value increases by 42% compared to the arithmetic mean in the case of tumor.
- The biggest difference between these percentages was found to be 76% at $\theta = 180^\circ$ while $\phi = 260^\circ$, based on the differences between arithmetic means obtained.
- When $\phi = 40^\circ$, if $\theta = 150^\circ$, the electric field difference between all values obtained is 503.9 mV, which is between tumor and normal tissue.

Since it would be difficult to give each electric field value separately, it is expressed in tabular form. Table 2 and 3 explain the electric field and S-parameter changes while there is tumor in the skin tissue as percent. The arithmetic mean of the values obtained are evaluated as a percentage according to the tumor structure.

Table 1. Obtained electric field graphs for both proposed and reference antenna structure

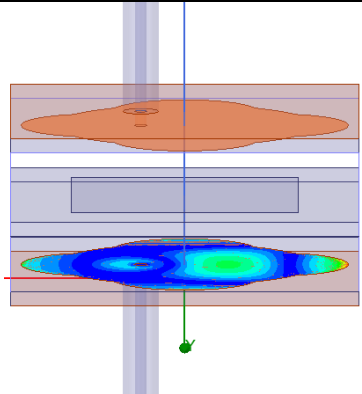
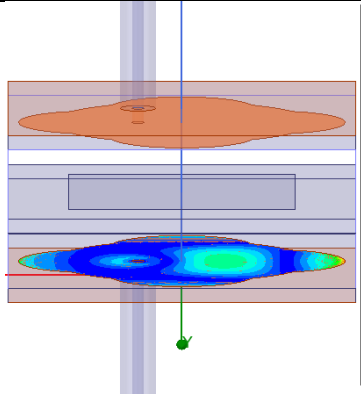
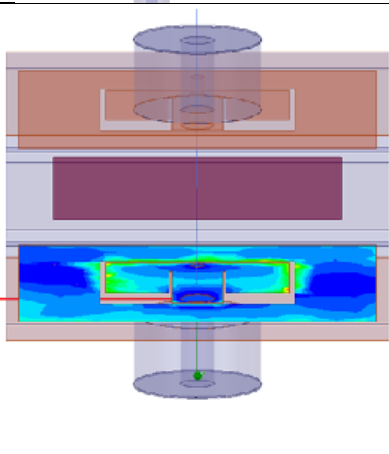
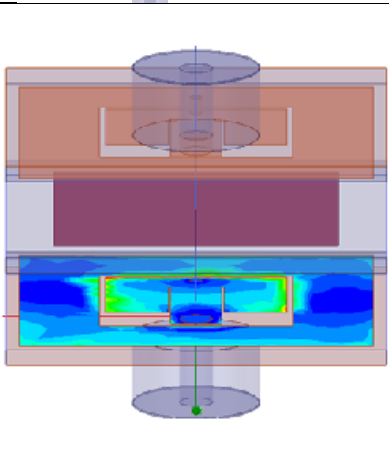
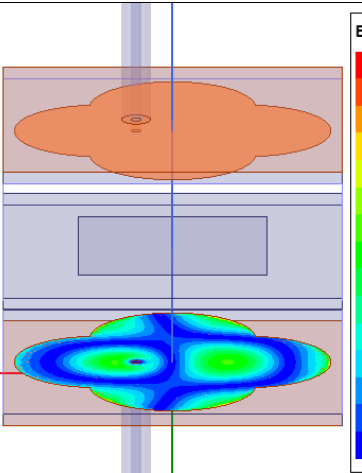
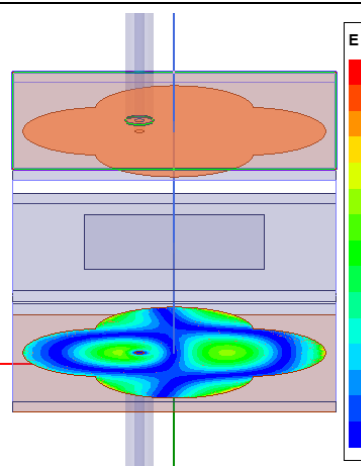
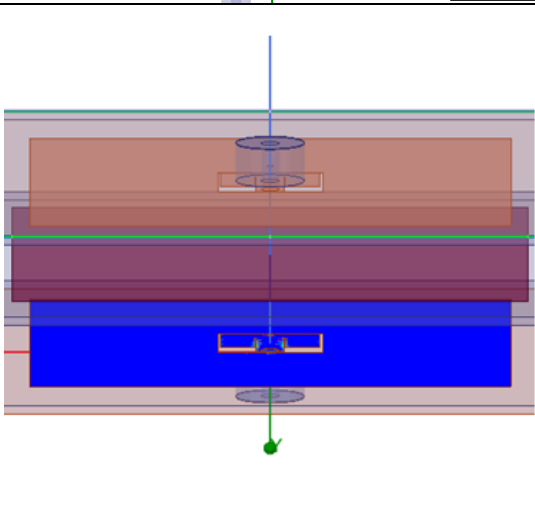
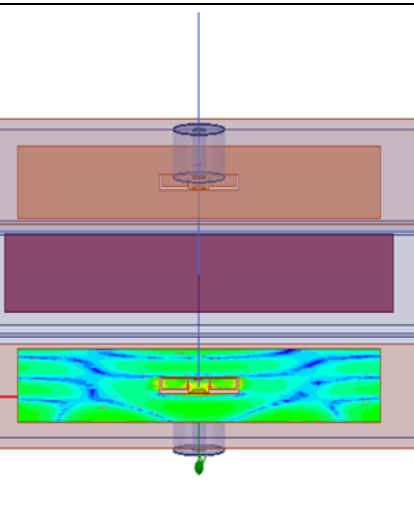
Frequency type	Normal skin tissue	Tumorous skin tissue
Proposed antenna at 2.45 GHz	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 7.6700E+02 7.1587E+02 6.6474E+02 6.1360E+02 5.6247E+02 5.1133E+02 4.6020E+02 4.0907E+02 3.5793E+02 3.0680E+02 2.5567E+02 2.0453E+02 1.5340E+02 1.0227E+02 5.1133E+01 6.7209E-15 	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 8.2807E+02 7.7286E+02 7.1766E+02 6.6246E+02 6.0725E+02 5.5205E+02 4.9684E+02 4.4164E+02 3.8643E+02 3.3123E+02 2.7602E+02 2.2082E+02 1.6561E+02 1.1041E+02 5.5205E+01 5.8570E-15
Reference antenna at 2.45 GHz	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 5125.4878 4783.7886 4442.0894 4100.3901 3758.6912 3416.9919 3075.2927 2733.5935 2391.8943 2050.1951 1708.4960 1366.7968 1025.0975 683.3984 341.6992 0.0000 	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 4847.6421 4524.4985 4201.3545 3878.2109 3555.0669 3231.9231 2908.7793 2585.6355 2262.4917 1939.3478 1616.2039 1293.0601 969.9163 646.7724 323.6286 0.4848
Proposed antenna at 5.8 GHz	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.2697E+03 1.1851E+03 1.1005E+03 1.0158E+03 9.3124E+02 8.4664E+02 7.6203E+02 6.7742E+02 5.9282E+02 5.0821E+02 4.2360E+02 3.3900E+02 2.5439E+02 1.6978E+02 8.5177E+01 5.7090E-01 	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1283E+03 1.0530E+03 9.7784E+02 9.0263E+02 8.2742E+02 7.5221E+02 6.7701E+02 6.0180E+02 5.2659E+02 4.5138E+02 3.7617E+02 3.0096E+02 2.2576E+02 1.5055E+02 7.5340E+01 1.3176E-01
Reference antenna at 5.8 GHz	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.0470E+04 1.9105E+04 1.7740E+04 1.6376E+04 1.5011E+04 1.3646E+04 1.2282E+04 1.0917E+04 9.5525E+03 8.1879E+03 6.8232E+03 5.4586E+03 4.0939E+03 2.7293E+03 1.3646E+03 0.0000E+00 	 <p>E Field [V/m]</p> <ul style="list-style-type: none"> 23543.8359 12741.2129 6895.1567 3731.4487 2019.3453 1092.8082 591.3945 320.0447 173.1984 93.7297 50.7237 27.4501 14.8552 8.0392 4.3505 2.3544

Table 2. Electric field changes according to antenna types

Electric field changes (%)							
2.45 GHz				5.8 GHz			
reference antenna		proposed antenna		refence antenna		proposed antenna	
Phi=0deg	Phi=90deg	Phi=0deg	Phi=90deg	Phi=0deg	Phi=90deg	Phi=0deg	Phi=90deg
11.00	42.00	-7.60	-8.07	-5.20	-2.62	0.03	0.54

Table 3. S-parameters changes for proposed antenna

S-parameters changes (%)							
2.45 GHz				5.8 GHz			
S11	S12	S21	S22	S11	S12	S21	S22
0.02	0.26	0.36	-0.57	-0.15	-0.26	-0.28	-0.08

Table 2 shows the electric field changes according to antenna type as percent and shows the percentage change in the presence of a tumorous skin tissue. When these values examine and there is tissue with cancerous skin, percentage changes are important for the success of the study. Minus values explain that electric field value is high while there is tumor. So, the values are negative. What matters here is the percentage change.

Table 3 expresses the S-parameter changes for proposed antenna and refers to the percentage comparison of the value obtained in the presence of tumor to normal values. The negative values are because of that S-parameter values are high while there is tumor. For reference antenna structure, obtained S-parameter values are not expressive, so those values are not evaluated.

When the graph values and percentage change values in the tables are examined, the differences between tumor and normal tissue are clearly seen. These differences are quite significant due to the change in the presence of tumor tissue.

4. Conclusions and Recommendations

In the study, two microstrip antennas were evaluated at two different ISM frequencies in order to ensure that pathological sample tissues emerging after long periods of time in the field of pathology were reported in a short time. Pathological result reports are produced by pathologists. It can sometimes take months to print out reports produced based on humanitarian situations. The duration of pathological output reports is very important, especially in cancer patients who are in an emergency or whose treatment needs to be started quickly. Here is an initial study to serve this purpose.

Two biomedical microstrip antenna structures designed and taken as reference were examined. 2.45 GHz and 5.8 GHz ISM band frequencies were used in the study. ISM band is the allowed frequency regions for biomedical solutions. Another reason for choosing these two frequency regions is to be able to compare which of these bands will be more suitable for such a study. It is not difficult to find substrate materials used in the FR-4 and Roger RO6010 in the market to be able to apply them. Antenna structures have been selected that can be useful in design, production and measurement points.

Electric field and scattering parameters are two important expressions in antenna structures. The behavior of the antennas is expressed in scattering parameters. Electromagnetic field values are important due to their microwave radiation. In the study, both electric field and scattering parameter values were examined in order to compare antennas. In order to examine these values and make sense, percentage changes of their arithmetic mean were used. The values obtained were expressed as percentages relative to the tumor structure. The same is true for scattering parameters.

Both angle values are important in electric field values generated according to Theta and Phi angle. Especially when examined in terms of the differences between normal and tumor skin tissue, there are different maximum electric field values. Expressing it as a percentage in the electric field values is important to show the success of the study. Looking at the electric field change table, it is seen that the absolute difference rates at 2.45 GHz are higher. The same is true for scattering parameters. It is seen that choosing the 2.45 GHz operating frequency from both tables can be used to increase the accuracy of the study. In the light of all this information, it is possible to express the suitability of using microstrip antenna structures for a solution to such a system.

Real-time measurements of this system for different microstrip antenna structures and different frequencies will increase the stability of the study.

References

Asif, S. M., Hansen, J. W., Iftikhar, A., Ewert, D. L., & Braaten, B. D. (2019). Computation of available RF power inside the body and path loss using in vivo experiments. *IET Microwaves, Antennas and Propagation*, 13(1), 122–126. <https://doi.org/10.1049/iet-map.2018.5582>

- Bao, Z. (2019). Comparative Study of Dual-Polarized and Circularly-Polarized Antennas at 2.45 GHz for Ingestible Capsules. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 67(3), 1488–1500. <https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2888819>
- Canonsburg, A. D. (2020). *HFSS Help*. (January).
- Caspers, F. (2011). RF engineering basic concepts: S-parameters. *CAS 2010 - CERN Accelerator School: RF for Accelerators, Proceedings*, (June), 67–93.
- Catherwood, P. A., & McLaughlin, J. (2018). *Internet of Things- Enabled Hospital Wards*. (June), 10–18.
- Dey, S, Letters, R. M.-M. and O. T., & 1996, undefined. (n.d.). Compact microstrip patch antenna. *Wiley Online Library*. Retrieved from [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1098-2760\(199609\)13:1%3C12::AID-MOP4%3E3.0.CO;2-Q?casa_token=KJKDr8IHH70AAAAA:7a_CJXaWYQtXIPvOPBjt4b8XaIyVVSs2IvX4_hWYYSurD1AHf0PUrgYcd_x_bAySAR_q0IP_wbZvLA](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1098-2760(199609)13:1%3C12::AID-MOP4%3E3.0.CO;2-Q?casa_token=KJKDr8IHH70AAAAA:7a_CJXaWYQtXIPvOPBjt4b8XaIyVVSs2IvX4_hWYYSurD1AHf0PUrgYcd_x_bAySAR_q0IP_wbZvLA)
- Dey, Supriyo, & Mittra, R. (1996). Compact microstrip patch antenna. *Microwave and Optical Technology Letters*, 13(1), 12–14. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2760\(199609\)13:1<12::aid-mop4>3.0.co;2-q](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2760(199609)13:1<12::aid-mop4>3.0.co;2-q)
- Gabriel, C. (1996). Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies. *Environmental Health, Report No.* (June), 21. [https://doi.org/Report N.AL/OE-TR- 1996-0037](https://doi.org/Report%20N.AL/OE-TR-1996-0037)
- Hasan, R. R., Shanto, M. A. H., Howlader, S., & Jahan, S. (2018). A novel design and miniaturization of a scalp implantable circular patch antenna at ISM band for biomedical application. *2017 Intelligent Systems Conference, IntelliSys 2017, 2018-Janua*(September), 166–169. <https://doi.org/10.1109/IntelliSys.2017.8324286>
- Jha, A. K., Akhter, Z., Tiwari, N., Muhammed Shafi, K. T., Samant, H., Jaleel Akhtar, M., & Cifra, M. (2018). Broadband Wireless Sensing System for Non-Invasive Testing of Biological Samples. *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, 8(2), 251–259. <https://doi.org/10.1109/JETCAS.2018.2829205>
- Ketavath, K. N., Gopi, D., & Rani, S. S. (2019). In-vitro test of miniaturized CPW-fed implantable conformal patch antenna at ISM band for biomedical applications. *IEEE Access*, 7, 43547–43554. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2905661>
- Khan, Z., Razaq, A., Iqbal, J., Qamar, A., & Zubair, M. (2018). Double circular ring compact antenna for ultra-wideband applications. *IET Microwaves, Antennas and Propagation*, 12(13), 2094–2097. <https://doi.org/10.1049/iet-map.2018.5245>
- Lane, J., Biondi, J., JS Pleva - US Patent 5, 400,040, & 1995, undefined. (n.d.). Microstrip patch antenna. In *Google Patents*. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US5400040A/en>
- letters, R. W.-E., & 1995, undefined. (n.d.). Small microstrip patch antenna. *Ieeexplore.Ieee.Org*. Retrieved from https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/383981/?casa_token=GusqxrKXU4kAAAAA:DVg-E9gEz7PIX2OxuuUj3W3CEn9Xyk3tPtg-GI5xwt5C9svbJRSJV0wPNaQBo7dX_8mWzIv2kgI
- Luk, K., Mak, C., Chow, Y., letters, K. L.-E., & 1998, undefined. (n.d.). Broadband microstrip patch antenna. *Ieeexplore.Ieee.Org*. Retrieved from https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/706205/?casa_token=7knTzGotAAgAAAAA:nxRcP0CMKrv4tQNjTwm1QO8IPdMTiSQMK1gWTWw5Mm76XkegX3_8mH6bAfzAGlxFgYxyFRAiv48
- Ma, S., Sydanheimo, L., Ukkonen, L., & Bjorninen, T. (2018). Split-Ring Resonator Antenna System with Cortical Implant and Head-Worn Parts for Effective Far-Field Implant Communications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 17(4), 710–713. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2018.2812920>
- Mahmud, M. Z., Islam, M. T., Misran, N., Kibria, S., & Samsuzzaman, M. (2018). Microwave imaging for breast tumor detection using uniplanar AMC Based CPW-fed microstrip antenna. *IEEE Access*, 6, 44763–44775. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2859434>
- Meaney, P. M., Zhou, T., Goodwin, D., Golnabi, A., Attardo, E. A., & Paulsen, K. D. (2012). Bone Dielectric Property Variation as a Function of Mineralization at Microwave Frequencies. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/649612>
- Nakhleh, R. E. (2006, July 1). What is quality in surgical pathology? *Journal of Clinical Pathology*, Vol. 59, pp. 669–672. <https://doi.org/10.1136/jcp.2005.031385>
- Nalam, M., Rani, N., & Mohan, A. (2014). Biomedical Application of Microstrip Patch Antenna. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME)*, 2(6), 6–8.
- Nesasudha, M., & Fairy, J. J. (2018). Low profile antenna design for biomedical applications. *Proceedings of IEEE International Conference on Signal Processing and Communication, ICSPC 2017, 2018-Janua*(July), 139–142. <https://doi.org/10.1109/CSPC.2017.8305825>
- Ouerghi, K., Fadlallah, N., Smida, A., Ghayoula, R., Fattahi, J., & Boulejfen, N. (2017). Circular antenna array design for breast cancer detection. *2017 Sensors Networks Smart and Emerging Technologies, SENSET 2017, 2017-Janua*(1), 1–4. <https://doi.org/10.1109/SENSET.2017.8125016>
- Paracha, K. N., Rahim, S. K. A., Soh, P. J., Kamarudin, M. R., Tan, K. G., Lo, Y. C., & Islam, M. T. (2019). A Low Profile, Dual-band, Dual Polarized Antenna for Indoor/Outdoor Wearable Application. *IEEE Access*, 7, 33277–33288. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2894330>
- Patterson, J. (2014). *Weedon's Skin Pathology E-Book* (Fourth). Retrieved from https://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=Y-LTBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=patterson+2014+pathology&ots=U3wha_QPa1&sig=0fYB8PC-f3bX5-UQ0robmQaUhFY
- Rahaman, M. A., & Delwar Hossain, Q. (2019). Design and overall performance analysis of an open end slot feed miniature microstrip antenna for on-body biomedical applications. *1st International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques, ICREST 2019*, 200–204. <https://doi.org/10.1109/ICREST.2019.8644334>
- Raihan, R., Alam Bhuiyan, M. S., Hasan, R. R., Chowdhury, T., & Farhin, R. (2017). Aearable microstrip patch antenna for detecting brain cancer. *2017 IEEE 2nd International Conference on Signal and Image Processing, ICSIP 2017, 2017-January*, 432–436.

- <https://doi.org/10.1109/SIPROCESS.2017.8124578>
- Rezaeieh, S. A., Antoniadis, M. A., & Abbosh, A. M. (2018). Compact and unidirectional resonance-based reflector antenna for wideband electromagnetic imaging. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(11), 5773–5782. <https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2866516>
- Rong, Z., Leeson, M. S., Higgins, M. D., & Lu, Y. (2018). Nano-rectenna powered body-centric nano-networks in the terahertz band. *Healthcare Technology Letters*, 5(4), 113–117. <https://doi.org/10.1049/htl.2017.0034>
- Rossmann, C., Rattay, F., & Haemmerich, D. (2012). Platform for patient-specific finite-element modeling and application for radiofrequency ablation. *Visualization, Image Processing and Computation in Biomedicine*, 1(1). <https://doi.org/10.1615/visualizimageproccomputatbiomed.2012004898>
- Sabban, A. (2018). Small wearable antennas for wireless communication and medical systems. *IEEE Radio and Wireless Symposium, RWS, 2018-Janua*, 161–164. <https://doi.org/10.1109/RWS.2018.8304974>
- SINAİ, BİLİMSEL VE TIBBİ ELEKTRONİK CİHAZLARIN İMALİ VE KULLANILMASI HAKKINDA YÖNETMELİK. (1985, March 22). Retrieved September 19, 2020, from Official Newspaper of Turkish Republic website: <https://mevzuat.kararara.com/mvzt/mvzt3/mvzt1433.html>
- Singh, I., & Tripathi, V. S. (2011). Micro strip Patch Antenna and its Applications: a Survey. In *Article in International Journal of Computer Applications in Technology*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/232318276>
- Susila, J. J., & Fathima, H. R. (2017). A Slot Loaded Rectangular Microstrip Patch Antenna for Breast Cancer Detection. *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)*, 4(4), 3394–3397. Retrieved from <https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I4811.pdf>
- Tofighi, M. R., & Pardeshi, J. R. (2017). Interference Enhanced Biomedical Antenna for Combined Heating and Radiometry Application. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 16, 1895–1898. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2017.2685503>
- Top, R. (2017). *A transmitter microstrip antenna design and application towards the detection of heart disease parameters*. Selcuk University.
- Yan, S., Soh, P. J., & Vandenbosch, G. A. E. (2018). Wearable ultrawideband technology- A review of ultrawideband antennas, propagation channels, and applications in wireless body area networks. *IEEE Access*, 6, 42177–42185. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2861704>
- Yang, Z. J., & Xiao, S. (2018). A wideband implantable antenna for 2.4 GHz ISM band biomedical application. *2018 IEEE International Workshop on Antenna Technology, IWAT2018 - Proceedings*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/IWAT.2018.8379168>
- Yilmaz, T., Foster, R., & Hao, Y. (2019). Radio-frequency and microwave techniques for non-invasive measurement of blood glucose levels. *Diagnostics*, 9(1), 1–34. <https://doi.org/10.3390/diagnostics9010006>
- Zamani, A., Ahdi Rezaeieh, S., Bialkowski, K. S., & Abbosh, A. M. (2018). Boundary Estimation of Imaged Object in Microwave Medical Imaging Using Antenna Resonant Frequency Shift. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(2), 927–936. <https://doi.org/10.1109/TAP.2017.2780898>



Fault Location Estimation by Using Machine Learning Methods in Mixed Transmission Lines

Serkan Budak^{1*}, Bahadır Akbal²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6125-1634)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7319-1966)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802888)

ATIF/REFERENCE: Budak, S. & Akbal, B. (2020). Fault Location Estimation by Using Machine Learning Methods in Mixed Transmission Lines. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 245-250.

Abstract

Overhead lines are generally used for electrical energy transmission. Also, XLPE underground cable lines are generally used in the city center and the crowded areas to provide electrical safety, so high voltage underground cable lines are used together with overhead line in the transmission lines, and these lines are called as the mixed lines. The distance protection relays are used to determine the impedance based fault location according to the current and voltage magnitudes in the transmission lines. However, the fault location cannot be correctly detected in mixed transmission lines due to different characteristic impedance per unit length because the characteristic impedance of high voltage cable line is significantly different from overhead line. Thus, determinations of the fault section and location with the distance protection relays are difficult in the mixed transmission lines. In this study, 154 kV overhead transmission line and underground cable line are examined as the mixed transmission line for the distance protection relays. Phase to ground faults are created in the mixed transmission line, and overhead line section and underground cable section are simulated by using PSCAD/ EMTDC™. The short circuit fault images are generated in the distance protection relay for the overhead transmission line and underground cable transmission line faults. The images include the R-X impedance diagram of the fault, and the R-X impedance diagram have been detected by applying image processing steps. The regression methods are used for prediction of the fault location, and the results of image processing are used as the input parameters for the training process of the regression methods. The results of regression methods are compared to select the most suitable method at the end of this study for forecasting of the fault location in transmission lines. When looking at the method and performance criteria used in the overhead transmission line fault location study, it is the Linear Regression (Robust Linear) method that gives the most accurate results with RMSE 0.017652. When looking at the method and performance criteria used in the underground cable transmission line fault location study, it is the Linear Regression (Stepwise Linear) method, which gives the most accurate results with RMSE 0.0060709. When the accuracy of the method was examined, it was seen that it was higher than other methods.

Keywords: Distance Protection Relay, Mixed Transmission Lines, Short Circuit Faults, Fault Location Estimation, Regression Learner.

Karma İletim Hatlarında Makine Öğrenmesi Yöntemleri Kullanarak Hata Yeri Tahmini

Öz

Havai hatlar genellikle elektrik enerjisi iletimi için kullanılır. Ayrıca XLPE yeraltı kablo hatları genellikle şehir merkezinde ve kalabalık alanlarda elektrik güvenliğini sağlamak için kullanılır, bu nedenle iletim hatlarında havai hat ile birlikte yüksek gerilim yeraltı kablo hatları kullanılır ve bu hatlar karma hatları olarak adlandırılır. Mesafe koruma röleleri, iletim hatlarındaki akım ve gerilim büyüklüklerine göre empedans tabanlı ölçüm sonucu arıza yerini belirler. Ancak yüksek gerilim kablo hattının karakteristik empedansı havai hattan önemli ölçüde farklı olduğundan, birim uzunluk başına farklı karakteristik empedans nedeniyle karma iletim

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6125-1634, sbudak@ktun.edu.tr

hatlarında arıza konumu doğru bir şekilde tespit edilemez. Bu nedenle karma iletim hatlarında mesafe koruma röleleri ile arıza bölümünün ve yerinin tespiti zordur. Bu çalışmada, 154 kV havai iletim hattı ve yer altı kablo hattı, mesafe koruma röleleri için karma iletim hattı olarak incelenmiştir. Karma iletim hattında faz-toprak arızaları oluşturulur ve havai hat bölümü ve yeraltı kablo bölümü PSCAD / EMTDC™ kullanılarak simüle edilir. Kısa devre arıza görüntüleri, havai iletim hattı ve yer altı kablo iletim hattı arızaları için mesafe koruma rölesinde oluşturulur. Görüntüler, arızanın R-X empedans diyagramını içerir ve R-X empedans diyagramından elde edilen görüntüler görüntü işleme adımları uygulanmıştır. Regresyon metotları, arıza yerinin tahmini için kullanılır ve görüntü işlemenin sonuçları, regresyon metotlarının eğitim süreci için girdi parametreleri olarak kullanılır. Regresyon yöntemlerinin sonuçları, bu çalışmanın sonunda iletim hatlarında arıza yerinin tahmini için en uygun metodu seçmek için karşılaştırılmıştır. Havai iletim hat kısmı arıza yeri çalışmasında kullanılan metot ve performans kriterlerine bakıldığında, “RMSE 0.017652” değeri ile en doğru sonuç veren Doğrusal Regresyon (Güçlü Doğrusal) metotudur. Yeraltı kablo iletim hat kısmı arıza yeri çalışmasında kullanılan metot ve performans kriterlerine bakıldığında, “RMSE 0.0060709” değeri ile en doğru sonuçları veren Doğrusal Regresyon (Kademeli Doğrusal) metotudur. Arıza yeri tahminleri incelendiğinde yüksek tahmin değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mesafe Koruma Rölesi, Karma İletim Hatları, Kısa Devre Arızaları, Arıza Yeri Tahmini, Regresyon Metotları.

1. Introduction

Overhead line systems dominate today in the transmission of electrical energy. Overhead line systems are transmission lines that have proven their operational reliability and functional use. Installation costs of overhead lines are low and their useful life is higher than underground cable lines (Wedepohl & Wilcox, 1973).

Nowadays, underground cables are used in distribution lines, especially in places where there is a high density of people, taking into account the operational safety, human-environmental health and the economy of the enterprise. With the new technological developments in insulation systems in high voltage XLPE underground cables, cables have been used in transmission lines. Nowadays, electricity demand is increasing rapidly in big cities. All over the world, underground power cable installations have begun to replace some of the overhead transmission lines due to environmental factors in densely populated areas. Protection systems for power transmission lines are one of the most important parts of power systems.

Determining the fault location in transmission lines is a desired feature in the protection scheme. The increasing complexity of modern power transmission systems, fault location has increased substantially the importance of research studies in recent years. If the location of a fault is known or can be estimated with high accuracy, the fault can be rectified quickly. Elimination of the fault is of great importance as it reduces customer complaints, downtime, operating cost, loss of income and maintains the stability of the system. For this reason, studies are carried out to use mixed transmission lines (line with overhead and underground cable) with high efficiency (Sadeh & Afradi, 2009).

When the studies in the literature are examined, studies have been carried out on artificial intelligence methods by using current and voltage information in the problem of fault location in mixed transmission lines. In addition, the traveling waves method is often used.

In this study, unlike other studies, the fault location estimation was made with regression methods using the images obtained from the distance protection relay.

2. Material and Method

In order to protect transmission lines against short circuit faults and to provide information about the location of the fault, distance protection relays are widely used today. Since distance protection relays detect impedance-based fault and fault locations according to current and voltage magnitudes, fault location cannot be detected correctly due to different impedance per unit length in mixed transmission lines (Han & Crossley, 2013, 2015).

In this study, images taken from the R-X impedance diagram for short circuit faults occurring in the overhead transmission line and underground cable transmission line were applied to the image processing steps and a data set was created to be given to the Matlab Regression Learner application. Performance results and fault location estimates of the methods used in Regression Learner application are given in the findings section.

2.1. Mixed Transmission Lines

The underground cable line can replace a part of the existing overhead line in high voltage transmission lines, but the characteristic impedance of the cables is significantly different to the overhead line (Tziouvaras, 2006). The series inductance of an underground cable is 30-50% less than an overhead line, but the shunt capacity of a cable is 30-40 times greater than that of an overhead line (Tziouvaras, 2006).

Quick and accurate fault location reduces costs for locating the fault. In addition, it speeds up operations that need to be done quickly, such as fault repair and re-commissioning of the transmission line. Therefore, it will reduce production, usage and revenue losses due to interruptions. Therefore, quick and accurate estimation and determination of the fault is very important in terms of operating continuity of the system, operational safety and operating costs.

2.2. Image Processing Method

Image processing is a method applied with different techniques to obtain different information from images that have been digitized. In the design and analysis of image processing systems, the image is expressed mathematically. When images are digitized using image processing method, a large matrix form is obtained. In large matrix training stages, the error rate is high and the processing time is quite long. For this reason, matrix size, processing time and error rate are reduced by applying different statistical methods. This process is created by extracting the features of the images before the training is applied.

With the Gray Level Co-occurrence Matrices (GLCM) function, we can obtain different statistical properties for each image. Statistical methods used in feature extraction were used in the study. These are mean, entropy, variance, difference, contrast, inverse difference moment, energy, correlation, cluster shade, cluster prominence, sum entropy, sum mean, difference entropy, sum variance values. Properties of 1x20 size image are extracted for each image (Budak, 2020).

The training data set was created by using images image processing methods. The applied image processing steps are shown in Figure 1 (Budak, 2020).

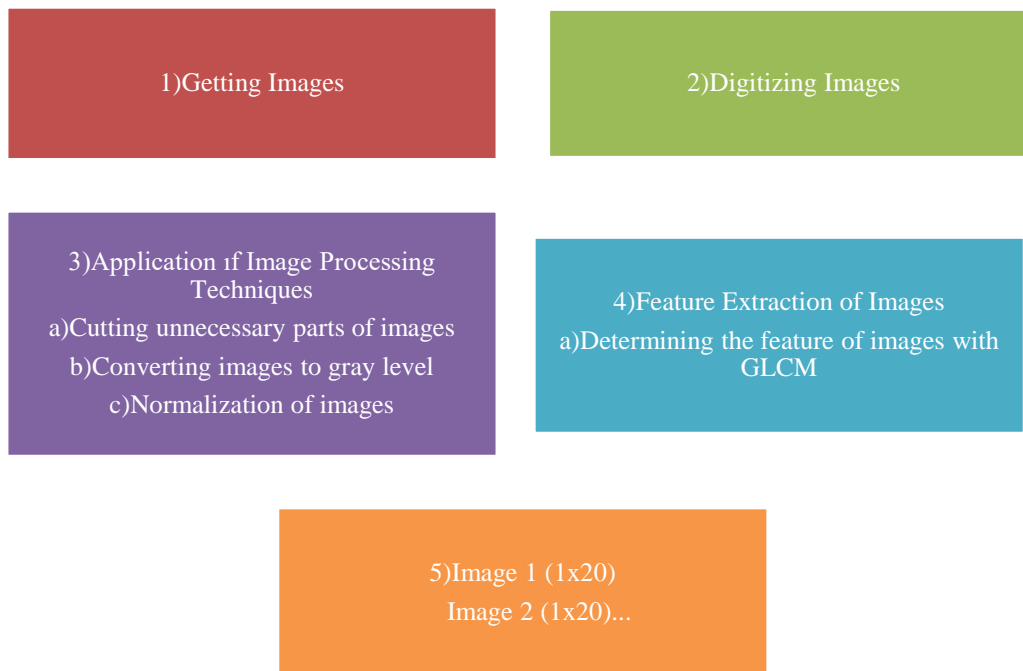


Figure 1. Applied Image Processing Steps

2.3. Matlab Regression Learner App

Regression Learner is an application that provides the opportunity to compare machine learning methods widely used in the literature and determine the most suitable model (MathWorks). Input and output data sets are given to the application, data is checked, features are selected, verification schemes are determined and performance results are obtained by training with different models. Results of each training model can be visualized, access a Response Plot, Predicted vs. Actual Plot and Residual Plot. Performance criterion used to predict training models and to satisfy them. The performance criterion mentions the model and allows us to choose the best model. In the application, the estimated training time and speed information is given to the user. Matlab Regression educational models used in the Learner application Linear Regression, Tree, Ensemble Trees, Support Vectors Machines (SVM), Gaussian Process Regression and the best educational model can automatically find their sub methods (MathWorks). It can be used by automatically training multiple models at the same time in its application. In this application, training models can be used quickly and the best training model can be determined. In this way, there is no need to write separate and different codes, and it provides the opportunity to test many training models at the same time (Özleyen, 2019).

2.4. Simulation Study

In order to create a mixed transmission line, two 154 kV, 50 Hz, 200 km and 50 km overhead transmission lines and a 10 km underground cable line between the overhead lines are modeled in the PSCAD™ / EMTDC™ simulation program. The transmission line is fed from two generator generation sources connected to two three-phase power transformers. For the overhead transmission line, 154 kV single circuit power transmission line, 1272 MCM conductor cross sections and 'PB' pole type are designed. 89/154 kV, 2XS(FL)2Y cable type is designed for underground cable transmission line. In the connections of transformers, the low voltage side has been selected as 11 kV delta and the high voltage side as 154 kV star. A fixed load of 20 MW was used in the system. In the study, the situation of short circuit faults occurring both in the overhead transmission line and in the underground cable transmission line was

observed. Studies have been done by creating a phase A-ground short circuit, which is the most common single-phase ground fault. The mixed transmission line model is shown in Figure 2.

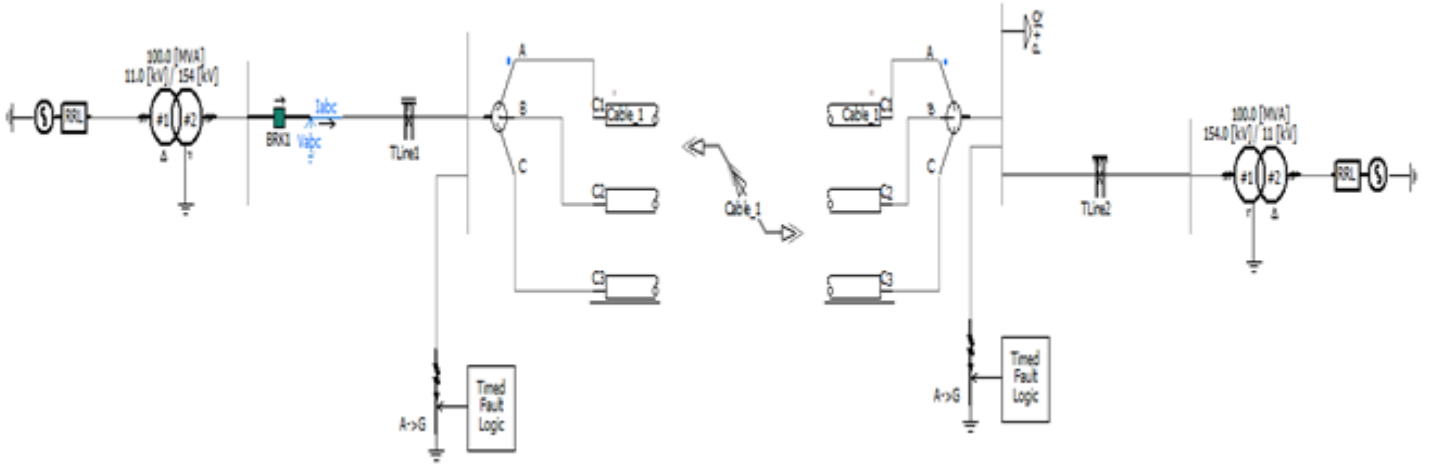


Figure. 2 Mixed Transmission Line Model

Figure 3 shows sample images occurring in phase a-ground short circuit faults formed at the 60th km of the overhead line section of the mixed transmission line and at the 5th km of the underground cable line section.



Figure. 3 Sample Images Obtained From the R-X Impedance Diagram in Mixed Transmission Lines

Root Mean Square Error (RMSE) and percentage error value were used to evaluate the results obtained in fault location estimation studies. The RMSE value is always positive and close to zero indicates the best value. Equation 1 and Equation 2 contain percent error and RMSE equations, respectively (Karasu, Altan, Saraç, & Hacıoğlu, 2018).

$$\%Error\ Value = \left| \frac{Actual\ fault\ location - Calculated\ fault\ location}{Total\ length\ of\ the\ line} \right| * 100 \tag{1}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \tag{2}$$

3. Results and Discussion

40 number phase a-ground faults were created at 5,10,15,... 200 km of the overhead transmission line simulated using PSCAD™ / EMTDC™ and 50 number phase a-ground faults were created at 0.2, 0.4,... 10 km of the underground cable transmission line. In Table 1, the performance results of the methods used in the Regression are given by simulating the short circuit faults that occur in the overhead and underground cable transmission lines. In the Table 2 and Table 3, the estimated fault locations and percentage error value are given as a result of the short circuit occurring in the overhead transmission line and underground cable line, respectively.

Table 1. Regression Methods Used and Performance Results

Method		RMSE Overhead line	RMSE Underground cable line
Linear Regression	Linear	0.03921	0.010085
	Interactions Linear	0.058815	0.0064932
	Robust Linear	0.017652	0.010119
	Stepwise Linear	0.049872	0.0060709
Tree	Fine Tree	0.077738	0.061107
	Medium Tree	0.13258	0.12531
	Coarse Tree	0.23839	0.24734
SVM	Linear SVM	0.030605	0.016424
	Quadratic SVM	0.046394	0.020054
	Cubic SVM	0.24948	0.03174
	Fine Gaussian SVM	0.12734	0.071415
	Medium Gaussian SVM	0.067588	0.022517
	Coarse Gaussian SVM	0.069286	0.034763
Ensemble Trees	Boosted Trees	0.049497	0.046086
	Bagged Trees	0.088249	0.058129
Gaussian Process Regression	Squared Exponential GPR	0.02553	0.0092204
	Matern 5/2 GPR	0.025624	0.0087294
	Exponential GPR	0.024979	0.0093471
	Rational Quadratic GPR	0.025474	0.0094911

Table 2. Estimated (km) Fault Locations and Percentage Error Value As A Result of Short Circuit Occurring in Overhead Transmission Line

Method	Actual Fault Location (km)	Estimated Fault Location (km)	Error Value (%)
Linear Regression Robust Linear	20	18.47938	0.765
	45	46.51063	0.755
	70	71.05625	0.525
	95	95.45563	0.225
	120	119.5869	0.21
	145	143.7181	0.645
	170	172.4563	1.225
	195	194.5644	0.22

Table 3. Estimated (km) Fault Locations and Percentage Error Value As A Result Of Short Circuit Occurring in Underground Cable Transmission Line

Method	Actual Fault Location (km)	Estimated Fault Location (km)	Error Value (%)
Linear Regression Stepwise Linear	0.8	0.835775	0.357
	1.8	1.707975	0.921
	2.8	2.687975	1.121
	3.8	3.7623	0.377
	4.8	4.817025	0.17
	5.8	5.7321	0.679
	6.8	6.720675	0.794
	7.8	7.757025	0.43
	8.8	8.66965	1.304
	9.8	9.755	0.45

4. Conclusions and Recommendations

In this study, fault location estimation has been made using image processing methods and Regression methods for short circuit faults occurring in mixed transmission lines. Considering the methods and training errors used as a result of the studies carried out on the mixed transmission line, it was seen that the best training model was Linear Regression in the overhead line section and Stepwise Linear in the underground cable line section. According to the test results, the highest error value is 1.225% in the estimated locations in the overhead line section and 1.304% in the underground cable line part. In the study, the fault location estimations can determine whether the fault is in the overhead line or underground cable line part in case of short circuit faults occurring in the mixed transmission line and close to the actual fault location.

As a result, in long mixed transmission lines, in case of short circuit failure, the mixed transmission line does not affect fault location estimation studies and high predictive values are shown in the tables.

The study shows that using image processing in electrical power systems can be developed and used in different ways. In this study, image processing techniques and regression methods were used for fault location estimates. In further studies, different image processing techniques can be applied, and fault location predictions can be increased by using different artificial intelligence algorithms such as ANN or Deep learning.

References

- Budak, S. (2020). *Karma iletim hatlarında mesafe koruma rölesi çalışmasının incelenmesi ve çalışma başarımlarının yükseltilmesi*. (Yüksek Lisans). Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Han, J., & Crossley, P. A. (2013). *Fault location on mixed overhead line and cable transmission networks*. Paper presented at the 2013 IEEE Grenoble Conference.
- Han, J., & Crossley, P. A. (2015). Traveling wave fault locator for mixed, overhead, and underground teed transmission feeders. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 10(4), 383-389.
- Karasu, S., Altan, A., Saraç, Z., & Hacıoğlu, R. (2018). *Prediction of Bitcoin prices with machine learning methods using time series data*. Paper presented at the 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- MathWorks. Choose Regression Model Options. Retrieved from <https://www.mathworks.com/help/stats/choose-regression-model-options.html>
- MathWorks. Train Regression Models in Regression Learner App. Retrieved from <https://www.mathworks.com/help/stats/regression-learner-app.html#:~:text=Choose%20among%20various%20algorithms%20to,Models%20in%20Regression%20Learner%20App>.
- Özleyen, Ü. (2019). *Hibrit güç sistemlerinde arıza tespiti*. (Yüksek Lisans). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elezığ.
- Sadeh, J., & Afradi, H. (2009). A new and accurate fault location algorithm for combined transmission lines using adaptive network-based fuzzy inference system. *Electric Power Systems Research*, 79(11), 1538-1545.
- Tziouvaras, D. (2006). *Protection of high-voltage AC cables*. Paper presented at the 59th Annual Conference for Protective Relay Engineers, 2006.
- Wedepohl, L., & Wilcox, D. (1973). *Transient analysis of underground power-transmission systems. System-model and wave-propagation characteristics*. Paper presented at the Proceedings of the institution of electrical engineers.



Artificial Neural Network Model with Firefly Algorithm for Seljuk Star Shaped Microstrip Antenna

Erdem Yelken^{1*}, Dilek Uzer²

¹ Electrical and Electronics Engineering/Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University, Turkey (ORCID: 0000-0001-9307-2959)

² Electrical and Electronics Engineering/Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University, Turkey (ORCID: 0000-0003-3850-3810)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802914)

ATIF/REFERENCE: Erdem Y. & Dilek U. (2020). Artificial Neural Network Model with Firefly Algorithm for Seljuk Star Shaped Microstrip Antenna. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 251-256.

Abstract

In this study, Seljuk Star microstrip antenna (SSMA) design based on the hybrid Artificial Neural Network model for frequency values in the range of 0.5-3.5 GHz has been performed. In the present study, a novel model is developed for training neural network by combining a back propagation (BP) and a meta-heuristic algorithm. The major disadvantage of back propagation in finding solutions is that it stuck local minima rather than global one. In this new hybrid training algorithm, local and global search made simultaneously. Initially, Firefly Algorithm (FA) was utilized to obtain weights of neural network due to the lower probability of entrapment into local minima thanks to long jump. Subsequently, this algorithm was combined with the local search capability of the BP algorithm and used to train the artificial neural network. Levenberg-Marquardt algorithm was preferred due to providing fast convergence and stability in training process of Artificial Neural Networks. In this paper, Seljuk Star microstrip antenna has been designed on DE104, double faced with 1.55mm dielectric and 35um conductor thickness, which has an electrical conductivity of 4.37 and a loss tangent of 0.002. HFSS antenna simulation program was used to design for 272 microstrip antennas. 90% of the data set was used as training and 10% as test data. The ANN with Firefly Algorithm results are more in agreement with the simulating results.

Keywords: Microstrip antenna, Seljuk Star, Artificial Neural Network, back propagation algorithm, metaheuristic algorithms

Selçuklu Yıldızı Şekli Mikroşerit Anten İçin Ateş Böceği Algoritmali Yapay Sinir Ağı Modeli

Öz

Bu çalışmada, 0.5-3.5 GHz aralığındaki frekans değerleri için hibrit Yapay Sinir Ağı modeline dayalı Selçuklu Yıldızı mikroşerit anten (SSMA) tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, bir geri yayılma (BP) ve meta-sezgisel algoritmayı birleştirerek sinir ağı eğitimi için yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Geri yayılmanın çözüm bulmadaki en büyük dezavantajı, küresel minimumdan ziyade yerel minimuma sıkışmasıdır. Bu yeni hibrit eğitim algoritmasında, yerel ve global arama eş zamanlı olarak yapılmıştır. Başlangıçta, uzun atlama sayesinde yerel minimuma yakalanma olasılığının düşük olması nedeniyle sinir ağlarının ağırlıklarını elde etmek için Ateşböceği Algoritması (FA) kullanıldı. Daha sonra bu algoritma, BP algoritmasının yerel arama yeteneği ile birleştirildi ve yapay sinir ağını eğitmek için kullanıldı. Yapay Sinir Ağlarının eğitim sürecinde hızlı yakınsama ve kararlılık sağlanması nedeniyle Levenberg-Marquardt algoritması tercih edilmiştir. Bu çalışmada Selçuklu Yıldızı mikroşerit anteni, çift yüzü 1.55mm dielektrik ve 35um iletken kalınlığında, 4.37 elektrik iletkenliğine ve 0.002 kayıp tanjantına sahip DE104 üzerine tasarlanmıştır. 272 mikroşerit anten tasarımı için HFSS anten simülasyon programı kullanılmıştır. Veri setinin %90'ı eğitim, %10'u test verisi olarak kullanılmıştır. Ateşböceği Algoritması ile YSA sonuçları simülasyon sonuçlarıyla daha uyumludur.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit anten, Selçuklu Yıldızı, Yapay Sinir Ağı, geri yayılım algoritması, metasezgisel algoritmalar.

* Corresponding Author: Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey, ORCID: 0000-0001-9307-2959, erdmlykn@gmail.com

1. Introduction

With the advance of technologies in applications such as mobile electrical devices and wireless communication systems where size, weight, cost, performance, ease of installation and aerodynamic profile are constraints, microstrip antennas are needed to meet these requirements(Balanis, 2016). In the literature, most of the works for microstrip antenna have focused on familiar geometries such as rectangle, circle and triangle, due to their ease of analysis(Pandey, 2019). In order to overcome the narrow bandwidth, which is the major disadvantage of microstrip antennas, studies have been carried out on Seljuk Star microstrip antenna, a new patch shape in the literature(Uzer et al., 2016). Thus, in this paper we carried out a Seljuk Star microstrip antenna which is based on artificial neural network with optimization algorithm.

The increasing use of microstrip antennas in the electronic communications market requires the use of simpler methods for performance analysis. This is why microstrip antenna designers prefer simple approaches that do not require a lot of computing time. Artificial Neural Networks (ANN) have become modeling tools that are accepted in solving complex problems in different disciplines and frequently used in artificial intelligence applications. ANN have recently attracted interest as a rapid and compatible tool for EM / Microwave modeling, simulations and optimization and are frequently used in microstrip antenna design. ANN were used to calculate the resonant frequency of microstrip antennas with frequently used patch shapes.(Guney, Sarikaya, & Propagation, 2007; Sagioglu, Güney, & Letters, 1997; Thakare & Singhal, 2009) In addition, there are studies using ANN trained with optimization algorithm to determine microstrip antenna parameters(Kaur & Rattan, 2015; Kumar, Ashwath, Kumar, & Malmathanraj, 2010; Vilović, Burum, & Brailo, 2013).In this study, ANN model with optimization algorithms have been used for computing parameters of the Seljuk Star shaped microstrip antenna. HFSS Software designed the proposed antenna based on finite element method (FEM) to acquired resonant frequency, return loss, bandwidth, input impedance and voltage standing wave ratio for ANN training and test.

In this work, we adopt multilayer perceptron (MLP) with Firefly Algorithm (FA) model for parameters of microstrip antenna. MLP was able to bring the nonlinear input-output mapping closer to the simulation results. Updating the weights based on the Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm can accommodate local minimum values. Therefore, we utilized the FA global optimization algorithm to better train the weights in MLP. The error value of the Artificial Neural network is calculated using Mean Squared Error (MSE) as the performance indicator.

2. Material and Method

The simulation, modelling and collaboration of ANN is observed in Fig1. In the first step, Seljuk Star microstrip antenna is designed and dataset of training and testing of ANN is generated. In the second step, data set as 13 inputs and 5 outputs data was presented to the multi-layer network after preprocessing. In the third step, the weight and bias values in the multilayer network have been optimized using the Firefly algorithm. Before the training of the Artificial Neural Network, the Mean Squared Error (MSE) was used as the cost function with the optimization algorithm. Then, the neural network was retrained with the Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm that finds local minimums. In the last step, the performance of the trained model is examined in the test data set.

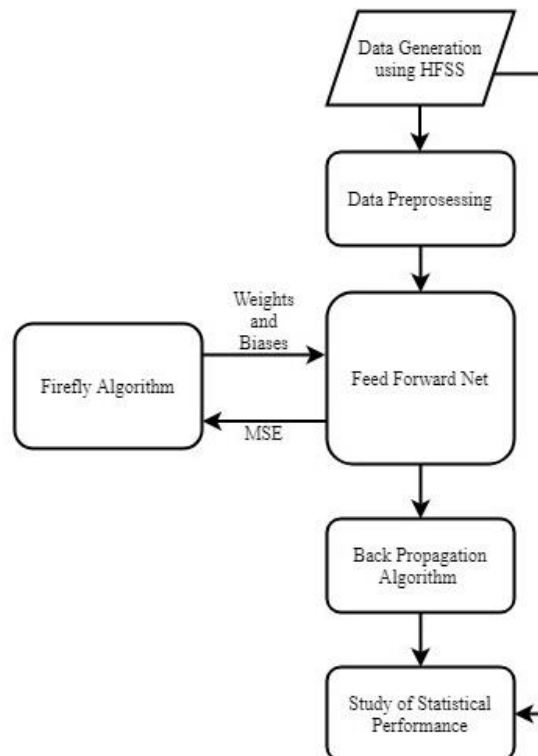


Figure 1. A flowchart that overviews the study.

2.1. Data Generation and Preprocessing

So that generate a database for modelling the ANN training and test, simulations of 272 SSMA with various geometrical and electrical parameters are carried out using HFSS Software based on finite element method (FEM).

The geometry of the considered SSMA is given in Fig. 1. The Seljuk Star microstrip antenna made up for Seljuk Star shaped patch with radius r_{ss} over a ground plane with a substrate thickness h and having dielectric constant ϵ_r . The typical architecture of Seljuk Star microstrip antenna consist of three layers including patch, dielectric substrate and ground plane.

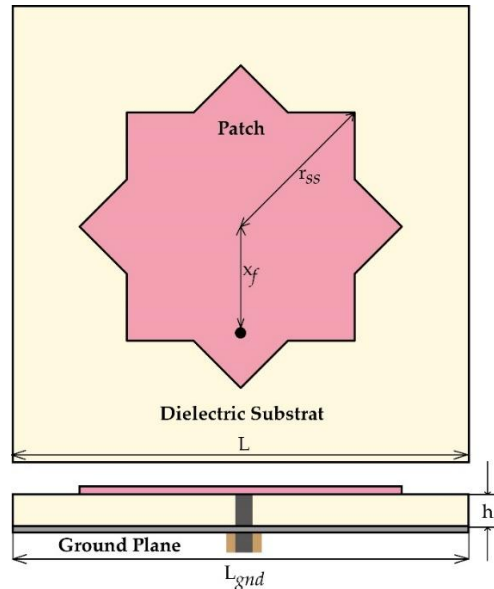


Figure 2. Geometry of Seljuk Star Microstrip Antenna

The Minimum-Maximum (Min-Max) normalization technique was used in conjunction with learning methods. Input and output values were normalized between -1 and 1.

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

2.2. Multi-Layer Feed Forward Neural Network

Artificial Neural Network is an artificial intelligence method that is inspired by the neural networks system specific to living things. This method is an effective method for predicting data, especially in microstrip antenna applications. Multilayer neural networks, which have a structure in which many neurons with nonlinear activation functions are interconnected in an architecturally hierarchical manner, are a special form of Artificial Neural Networks. In the feedforward neural network, cells are arranged in layers, and the outputs of cells in one layer are input to the next layer by weights. The input layer transmits the information it receives from external environments to the cells in the intermediate (hidden) layer without making any changes. Network output is determined by processing information at intermediate and output layers. With this structure, feed forward networks perform a nonlinear static function. It has been shown that a feedforward 3-layer artificial neural network can approximate any continuous function with the desired accuracy provided there are enough cells in the middle layer. Back propagation learning algorithm, which is the most known algorithm, is used effectively in the training of such artificial neural networks. In Figure 3, the multilayer neural network structure consisting of hidden layers is shown.

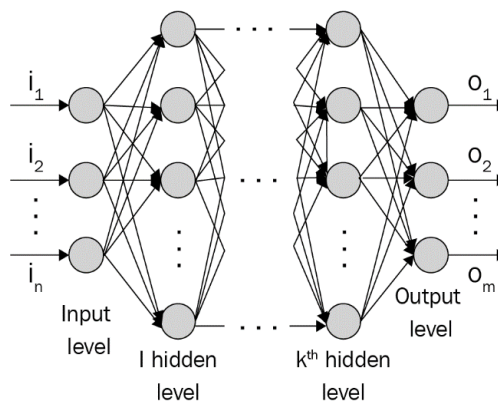


Figure 3 Multi Layer Feed Forward Network

A neural network without the activation function will behave like a linear regression with limited learning power. Therefore, various activation functions are used in studies with ANN in the literature. As the activation function used in the study, the transfer function of hidden and output layers is the hyperbolic tangent sigmoid transfer function as follows:

$$f(x) = \text{tansig}(x) = \frac{2}{(1+\exp(-2*x))} - 1 \tag{2}$$

In this study, ANN with two hidden layers is modelled. The number of hidden layer neurons was tested in the range of [5: 15] and it was observed that the optimum performance was obtained with n = 10,7 respectively. MLP networks are feed forward networks trained with the Levenberg-Marquardt optimization algorithm back propagation algorithm. There are completely 272 parameter of microstrip antenna. During the ANN training phase, 28 of 272 data were used for testing, and the accuracy of the model created was investigated. For this reason, 28 data belonging to the HFSS data set were tested and the results obtained were analyzed.

2.3. Firefly Algorithm

Firefly Algorithm (FA) proposed and developed as most successful nature-inspired algorithms by Xin She Yang simulates the behaviour of flashing of fireflies and their movement. In the social behavior of fireflies, the attractiveness of each firefly is determined by its brightness and they try to move towards brightness. The brightness of each firefly rely on the fitness value of that firefly. The pseudo code of FA algorithm is listed in Fig. 4.

```

Start
Define objective function f(x), where x = (x1, x2 ..., xd)
Generate an initial population of fireflies
Formulate the light intensity I
Define the absorption coefficient γ
While (t < Max_Generation)
  For i = 1 to n (all n fireflies)
    For j = 1 to n (all n fireflies)
      If (Ij > Ii), move firefly i towards firefly j
    End if
    Evaluate new solutions and update light intensity
  End for j
End for i
Rank the fireflies and find the current best
End while
End
    
```

Figure 4 Pseudo-code for Firefly Algorithm

In this paper, the movement between any pair of two fireflies x_i and x_j can be calculated as Eq. (2) as recommended by Yang.

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j^t - x_i^t) + \alpha \epsilon_i^t \tag{3}$$

Where r_{ij} = mutual distance between x_i and x_j ; β = attractiveness when $r_{ij}= 0$; γ = light absorption coefficient; α_t = step size parameter; and ϵ_t = random number obtained from Gaussian distribution(Yang, 2010). These coefficients are effective in the efficient operation of the Firefly Algorithm.

In order to achieve the best performance in the Firefly Algorithm, the number of generations was chosen as 100, the number of fireflies as 50, the randomization parameter as $\alpha = 0.25$, attractiveness = 0.2 and the light absorption coefficient $\gamma = 1$ in this algorithm.

2.1. Firefly Algorithm for Training MLP

Firefly Algorithm is implemented to train an MLP network with two hidden layers. The design parameters on the HFSS of the Seljuk star shaped microstrip antenna, such as the input part a of the ANN, were selected and the result parameters obtained from the simulated antenna were used as the output part. Two significant aspects are taken into emphasis when the approach is intended: the population of n fireflies in the FA and the selection of the fitness function. We need weights and biases matrix length in order to determine the population of n fireflies in the FA. Number of weights and biases is given by

$$n = (i + 1) \times h + (h + 1) \times h + \dots + o \times (h + 1) \tag{4}$$

Where n is number of weights, i=13 is number of input neurons, o=5 is number of output neurons, h=10,7 is number of neurons of hidden layer. After the matrix length is determined, the FA generates random values within search space. The initial distribution does not affect the efficiency of the algorithm notably. Once the desired number of repetitions is reached, the attractiveness of all fireflies to

a location in the search field increases. As a result, the global minimum point is found. For Firefly Algorithm, the cost function to be minimized as fitness function, Mean Square Error (MSE), was determined. MSE is shown in Eq. (3).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2 \tag{5}$$

where y is the actual value, \hat{y} is the predicted value and n is number of samples in the training dataset.

Because of its high local optimum avoidance and convergence speed rapidly, the Firefly algorithm has been an considerable motivation for training the Artificial Neural Network. The training problem of MLPs was first formulated using Mean square error, which is a minimization problem that occurs as a result of the determined weights. The objective function was to minimize MSE and match the network outputs with simulation results. The FA was operated to find the best fitness values for weights and biases to reduce the MSE and overcome backpropagation algorithm drawbacks.

3. Results

As mentioned before, the Mean Square Error have been used to determine the criteria of the study. As a first step, Firefly algorithm was run using 100 iterations to reduce this error value, and it reduced the error value at the desired level by avoiding local minimums. Figure 5 shows descending cost of Firely Algorithm against the progress of generations of fireflies.

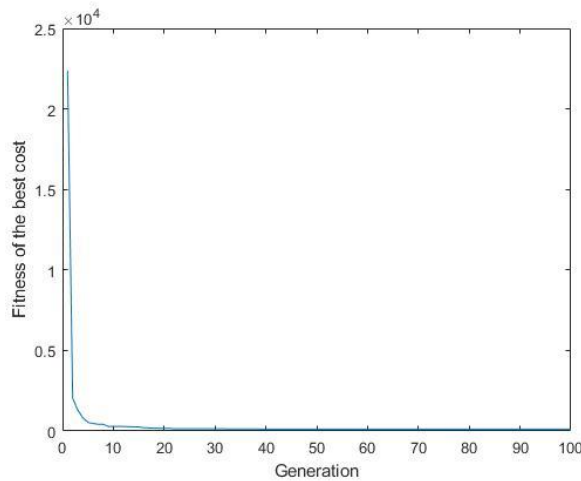


Figure 5 Convergence for MSE optimization problem of Firefly Algorithm

Over-fitting occurs when an artificial neural network memorizes the historic training set without learning to generalize to new test data. If the training R-value is much closer to one instead of the validation and test R-value, the model does not work correctly contrary to misconception. The result of regression is good comparatively in this model, since all the training, the testing as well as validation R-value is near to 1.

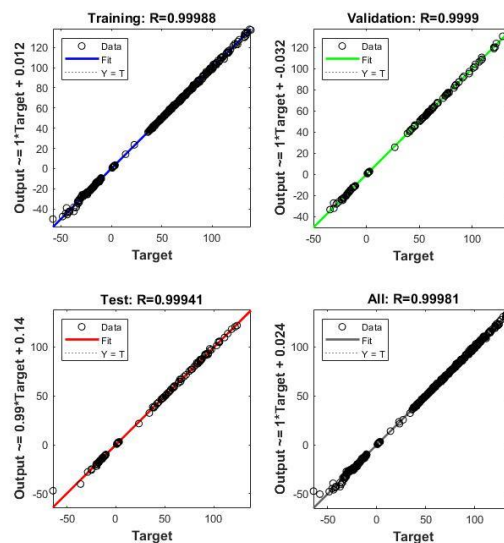


Figure 6 Regression Plot

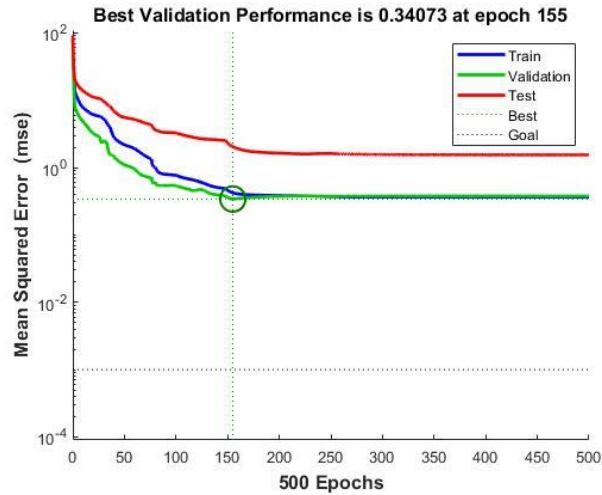


Figure 7 The Performance Plot

The above results are from the Artificial Neural Network using Firefly Algorithm with two hidden layers. This result is acceptable since the decrease in MSE of training graph. The best validation performance of ANN model is 0.34073 at epoch 155.

4. Conclusion

Seljuk Star microstrip antenna on a substrate of DE104, double faced with 1.55mm dielectric and 35um conductor thickness has been designed with variation in the parameters ϵ_r , h , X_f , Y_f , r . Firely Algorithm is utilized to solve Mean Square Error optimization problem and generate weights and biases for ANN. This optimization algorithm is effortless to figure out and implement. By avoiding local minimums, it has fulfilled the desired task hybridized with back propagation algorithm in reaching the result by helping to train the artificial neural network.

As a future study, by combining ANN with other optimization algorithms, a comprehensive comparison of ANN structure using Firefly algorithm applied in this study could be investigate.

References

- Balanis, C. A. (2016). *Antenna theory: analysis and design*: John wiley & sons.
- Guney, K., Sarikaya, N. J. I. T. o. A., & Propagation. (2007). A hybrid method based on combining artificial neural network and fuzzy inference system for simultaneous computation of resonant frequencies of rectangular, circular, and triangular microstrip antennas. *55*(3), 659-668.
- Kaur, R., & Rattan, M. J. W. P. C. (2015). Optimization of the return loss of differentially fed microstrip patch antenna using ANN and firefly algorithm. *80*(4), 1547-1556.
- Kumar, K. A., Ashwath, R., Kumar, D. S., & Malmathanraj, R. (2010). *Optimization of multislot rectangular microstrip patch antenna using ANN and bacterial foraging optimization*. Paper presented at the 2010 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility.
- Pandey, A. (2019). *Practical Microstrip and Printed Antenna Design*: Artech House.
- Sagiroglu, S., Güneş, K. J. M., & Letters, O. T. (1997). Calculation of resonant frequency for an equilateral triangular microstrip antenna with the use of artificial neural networks. *14*(2), 89-93.
- Thakare, V. V., & Singhal, P. (2009). Microstrip antenna design using artificial neural networks. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, vol. 20, no. 21, pp. 76–86. doi:10.1002/mmce.20414
- Uzer, D., Gültekin, S. S., Top, R., Uğurlu, E., Dündar, Ö. J. I. J. o. A. M., Electronics, & Computers. (2016). A Comparison of Different Patch Geometry Effects on Bandwidth. (Special Issue-1), 421-423.
- Vilović, I., Burum, N., & Brailo, M. (2013). *Microstrip antenna design using neural networks optimized by PSO*. Paper presented at the ICECom 2013.
- Yang, X.-S. (2010). *Nature-inspired metaheuristic algorithms*: Luniver press.



Kablosuz Haberleşme ile Su Kuyuları Otomasyonu

Bahadır Akbal¹, Şeyma Yavuz², Fatma Feyza Köse³

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7319-1966)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4980-9719)

³ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3916-1405)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803207)

ATIF/REFERENCE: Akbal, B., Yavuz, Ş. & Köse, F. (2020). Kablosuz Haberleşme ile Su Kuyuları Otomasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 257-261.

Öz

Bir tesisin izlenmesi veya kontrolünde analog ya da dijital algılayıcılar ile toplanan verilerin kontrol elemanına taşınmasında, değerli ve yüksek işçilik maliyetleri içeren kablolar kullanılmaktadır. Uzun mesafelere veri taşınmasında ise sonradan oluşabilecek işçilik ve kablo maliyetleri de oluşabilir. Dolayısı ile endüstriyel otomasyon için kablosuz teknolojilerin kullanılması birçok avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışmada kablosuz haberleşme ile su kuyularının otomasyonu yapılmıştır. Proje kapsamında iki kuyu ve bu kuyuların doldurduğu havuz dikkate alınmıştır. Su kuyularındaki su seviyeleri aşırı düşerse buna bağlı olan pompalar arızalanmakta ve bu yüzden birçok yerleşim yeri susuz kalmaktadır. Uzak mesafelerde kablolu maliyetini ve takibi kolaylaştırmak için her kuyuya ayrı otomasyon yapılmıştır. Pompaları korumak ve su sürekliliğini sağlamak için gerekli otomasyonun yapılmasında her bir kuyuda bir PLC ve buna bağlı wi-fi modüller vardır. PLC'ler gerekli otomasyonu sağlarken kuyular arası haberleşmede wi-fi modüller ile kablosuz olarak gerçekleştirilmektedir. Kuyulardan alınan sıvı seviye bilgileri karşılaştırılmış ve sıvı seviyesi yüksek olan kuyudan su çekilerek havuzu doldurulmuştur. Bütün bu düzeni takip edebilmek için bir Scada ekranı tasarlanmış ve bu sayede kuyulardaki su durumları, sistemin başlatılıp durdurulması ve arıza durumlarının takibi sağlanmıştır. Böylece uzak mesafelerde kablosuz veri iletimi ile arızaların önlenmesi ve su sürekliliğinin sağlanması için gerekli otomasyon sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: PLC, Endüstriyel Otomasyon, Veri İletimi, Kablosuz İletişim

Water Well Automation with Wireless Communication

Abstract

The cables with high labor costs are used to transfer the data collected by analog or digital sensors to the control element in the monitoring or control of a facility. Labor and cable costs may also be incurred later in transporting data over long distances. Therefore, using wireless technologies for industrial automation will provide many advantages. In this study, automation of water wells has been done with wireless communication. Two wells and the pool filled by these wells are taken into account within the scope of the project. If the water levels in the water wells drop excessively, the pumps connected to this will fail and therefore many settlements remain without water. Each well is automated separately to facilitate wiring cost and tracking over long distances. There is a PLC and connected wi-fi modules in each well for the necessary automation to protect the pumps and to ensure water continuity. While PLCs provide the necessary automation, communication between wells is carried out wirelessly with wi-fi modules. The liquid level information taken from the wells was compared and the pool was filled by drawing water from the well with high liquid level. A Scada screen has been designed in order to follow all this order and thus the water conditions in the wells, the start and stop of the system and the failure conditions are monitored. Thus, the necessary automation has been provided to prevent malfunctions and ensure water continuity with wireless data transmission at long distances.

Keywords: PLC, Industrial Automation, Data transmission, Wireless

1. Giriş

Sanayileşmenin hızla arttığı günümüzde otomasyon teknolojisi büyük önem kazanmaktadır. Üretim ve takip aşamalarındaki işlemleri daha iyi görebilmek için SCADA sistemleri otomasyon süreçlerinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, endüstrinin bütün alanlarında otomasyon yer almaktadır. Böylece iş hızı, kalitesi ve üretim artmakta birlikte endüstriyel kazalar ve iş hataları da

azalmaktadır. Bundan dolayı PLC ve SCADA sistemleri endüstride en çok tercih edilen sistem olmaktadır. (İbrahim, 2010) Su kuyularının, kablosuz haberleşmenin ve SCADA sisteminin kullanım alanıyla ilgili daha önceden çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar su seviyesini ve suyun aktarımını kontrol etmek ve SCADA üzerinden izlemeyi ve gerekirse müdahale etmeyi amaçlamıştır. (Adıyan, 2012; Güner, 2012)

Bilindiği üzere yer altı sularının oluşumu çok uzun süreçlerde gerçekleşmektedir ve su sıkıntısı olan yerlerde sıkça kullanılmaktadır. Dolayısıyla yeraltı sularının doğru bir şekilde kullanılması hem günümüz hem de gelecek için çok önemlidir. Bu çalışma yeraltı suyunun tehlikeye atılmasının engellenmesi, yer altı kaynağından çekilen suyun depolanıp kullanıma sunulması açısından önemlidir. Yeraltı suyunun kullanımı için geliştirilen otomasyon sistemleri kuyudan çekilecek olan suyun seviyesinin belirlenmesi ve depodaki suyun seviye bilgisi, sistemde PLC kullanılarak ile tam otomatik belirleme imkânına ve depolanmış suyun istenilen her an kullanılmasına katkı sağlar. (Kurtoğlu vd., 2013)

Bu proje de yapılmak istenenler;

- Su kullanım otomasyonunda kullanılan sistemler arası haberleşme için wi-fi modülleri kullanmak,
- Sistemin otomasyonunu PLC'ler üzerinden ayarlamak ve bu sayede tam otomatik kullanım imkânı sağlamak,
- Analog girişleri devre kartları kullanarak sisteme aktarmak,
- Su seviyesini ve suyun aktarımını kontrol etmek
- SCADA ekranı tasarlayarak sistemi izlemek ve gerekirse müdahale etmektir.

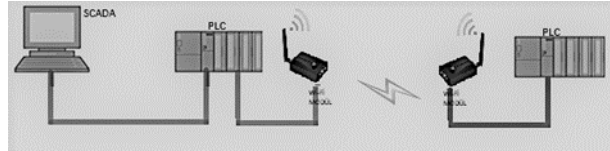
2. Materyal ve Metot

Endüstriyel otomasyon sanayide üretimin artırılması ve maliyetin düşürülmesinde önemli paya sahiptir. Sanayi tesislerinde endüstriyel otomasyon için farklı cihazlar kullanılmaktadır. Daha önceleri klasik otomasyonla kontroller yapılırken üretimin artmasıyla klasik otomasyon yerini daha hızlı sistemlere bırakmıştır. Bu sistemler yeni nesil elektronik kartlar, mikrodenetleyiciler ve PLC (Programmable Logic Controller) olarak sıralanabilir. Bir fabrika ortamı düşünülürse, burada yüksek miktarda elektromanyetik girişim ve çevresel etkenler otomasyon sistemlerinin çalışmasında olumsuz etkenler olarak görülebilir. Bu etkenlerden en az etkilenen otomasyon elemanı ise PLC'dir. Günümüzde çok gelişmiş PLC'ler üretilmektedir.

Otomasyonda diğer bir önemli nokta ise veri iletimidir. PLC'ye iletilen veriler ne kadar doğru ve hassas ise yapılan otomasyon o kadar iyi olur. Sistemin verileri genellikle algılayıcılar ile toplanarak PLC'ye iletilir. Daha sonra PLC'ye yüklenen algoritma ile sistemin otomasyonu yapılır. Veri iletimi içinse kablolu ve kablosuz sistemler kullanılmaktadır. Kablolu haberleşme için Modbus, Profinet ve Profibus gibi sistemler kullanılırken, kablosuz sistemler için wi-fi ve 3G gibi sistemler kullanılmaktadır.

Kablolu sistemler veri iletiminde güvenli sistemler olmasına karşın çok uzak mesafelere veri iletiminde yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla bu durumda kablosuz haberleşme önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada ise aralarında belli bir mesafe bulunan su kuyuları ve suyun biriktiği havuzdan gelen bilgiler wi-fi modülleri ile toplanmaktadır. Bu durum kısaca Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Bağlantı Şeması

Burada kullanılan modüller arası İletim uzunluğu segment başına 100 m 'dir.



Şekil 2: Wi-fi Modüller

Kullanılan wi-fi modülleri veri alışverişini yapabilmeleri için önce Client ve Access Point olarak ayarlanmış, PLC'lerde bağlantı kontrolü yapılmıştır. Daha sonra veri akışı yazılan program ve SCADA üzerinden kontrol edilmiştir.



Şekil 3: Scada Ekranı

Çalışmada su kuyularının otomasyonu için 2 adet PLC ve kablosuz haberleşme için 2 adet wi-fi modül kullanılmıştır.

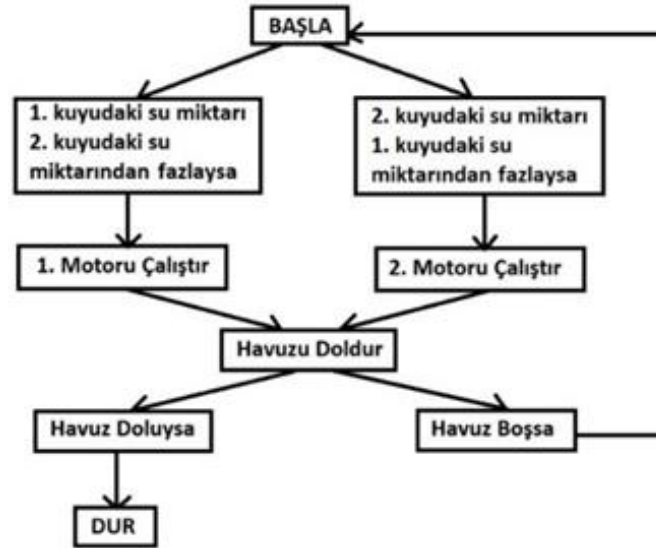
Yapılan prototip için ise;

- Sıvı seviyesini ölçmek amacıyla 2 adet analog mesafe sensörü,
- Analog giriş alabilmek için 2 adet Arduino,
- 1 adet dijital sıvı sensörü,
- Su aktarımı için 3 adet pompa,
- 2 kuyu,
- 1 havuz kullanılmıştır.

Su kuyularının otomasyonunda kullanılan algoritma ise;

- Başla sinyali verildikten sonra kumanda sisteminden iki kuyunun su seviyeleri karşılaştırılacak ve sıvı seviyesi fazla olan kuyu kendi içinde bulunan su motorunu çalıştıracaktır.
- Motorlar su aktarımını havuza yapacaktır.
- Havuzdaki su istenen seviyeye gelene kadar bu aktarım, seviyesi fazla olan kuyudan devam edecektir.
- Havuzdaki su istenen seviyeye geldiğinde sistem duracaktır. Eğer havuzdaki su kullanılmaya başlarsa sistem otomatik olarak devreye girecek havuza su aktarımı tekrar başlayacaktır.

Ayrıca çalışmada kullanılan algoritmanın akış diyagramı da Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4: Proje Algoritması

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Literatür Taraması

Kablosuz haberleşme ve ağ sistemleri, günümüzde sivil ve askeri pek çok alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından bazıları; akıllı ev otomasyonu, akıllı sulama sistemleri, doğa olaylarının gözlemlenmesi, yangın ve sel gibi felaketlerin algılanması ve askeri olarak korunan bölgelere olası saldırıların önceden fark edilmesi örnek olarak verilebilir. Gelişen radyo haberleşme sistemlerinin sayısal sistemler ile entegre edilmesi, geliştirilen uygulamaların kullanılabilirliğini ve esnekliğini arttırmış, dolayısıyla kullanım alanları daha da genişlemiştir. (Suyabatmaz, 2006:3)

Günümüzde, içme suyu şebekesine sahip belediyelerin büyük bir çoğunluğunda insan kontrolü esasına dayanan kısmen otomatik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemde kuyu veya göl gibi su kaynağından alınan su depolara ulaştırılarak gerekli klorlama ve arıtma yapıldıktan sonra kullanıcılara gönderilmektedir. (Özkaya vd., 2016)

Sistemlerin otomasyonu eksikliğinden dolayı depolara fazla su göndermekte ve taşmalara sebep olmaktadır. Bu durum depoların çatlamasına ve zarar görmesine sebebiyet verdiği gibi su israfına da yol açmaktadır. Depolara fazla suyun gönderilmesi pompaların harcadığı elektrik sarfiyatını artırdığı gibi mekanik ömürleri de azalmaktadır. Pompalar çalıştığı durumda sisteme müdahale eden durumu gözlemleyen insan gücüne de ihtiyaç artmaktadır. Bazı durumlarda ise pompa depoyu az doldurmakta, depo su seviyesi yeterli olmadığı için su kesilmelerine yol açmaktadır. Bütün bu olumsuz durumlar içme suyu şebekelerinin tam otomasyonlu sisteme geçmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle büyük belediyelerde depo ve pompa istasyonu sayısı fazla olduğu için karmaşık bir ağ yönetimli otomasyon sisteminin kurulması zorunlu hale gelmiştir. (İnan ve Koyun, 2015; Daldal 2018)

Özer'e göre (2009) kablosuz haberleşme kullanarak enerji otomasyonun sağlanması için yapılan projede otomasyonun zorunluluğu şu şekilde açıklanmıştır:

Uygun olmayan malzemelerin kullanılmasından veya teknolojiye yeterince faydalanılmamasından doğan kayıpların bedeli, tüketici tarafından ödendiği gibi can ve mal güvenliği açısından da büyük tehlikeler doğurmaktadır. Bu riskleri ve kayıpları asgariye indirmek ve enerji sarfiyatını en optimum seviyede tutmak vazgeçilmez hedef olmuştur. Bu hedefi gerçekleştirmenin en etkili yolu; elektrik enerjisinin üretildiği, iletiildiği, dağıtıldığı ve tüketildiği tüm elektrik tesislerinde, dağıtım ve iletim sisteminin kontrol altında tutulduğu ve en uygun senaryoya göre kumanda edildiği, enerji parametrelerinin izlenip sistemin takip altına alındığı otomasyon sistemleri kurmaktır. Kapsamlı ve entegre bir veri tabanlı kontrol ve gözetleme sistemi sayesinde, bir tesise ait tüm ekipmanların kontrolünden, üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözetlenmesi sağlanabilir.

İşletmesi yapılacak elektrik enerjisinin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli, güvenli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması amacıyla kurulan koruma kontrol ve gerçek zamanlı izleme sistemleri her geçen gün geçmişteki konvansiyonel yapısından uzaklaşarak bilgisayar tabanlı SCADA ve otomasyon sistemlerine geçiş yapmaktadır. SCADA sisteminde asıl amaç, alt istasyonlardaki sinyalleri ve ölçüm değerlerini bir kumanda ve kontrol merkezinde toplamak, istasyonların kumandasını bu merkezden gerçekleştirerek zamandan ve personelden tasarruf yapmaktır. SCADA sistemi tarafından periyodik veri saklama ve raporlama da sağlanabilir.

3.2. Bulgular

Belirtilen algoritma PLC'lere merdiven diyagramı ve fonksiyon blokları kullanılarak yüklenmiş ve gerekli veri akışının sağlanması ile su kuyularının otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kablosuz haberleşme için kullanılan wi-fi modüllerinin otomasyonda kullanımı gerçekleştirilmiş ve önemi anlaşılmıştır. Aynı sistem kablolu iletişim sistemleri ile gerçekleştirilmiş olsa idi, hem kablo maliyeti artacak hem de uzun mesafe olduğu için veri kaybı yaşanacaktı.

4. Sonuç

Projede amaca uygun sonuç elde edilmiş ve yeraltı sularının verimli kullanılması için gerekli otomasyon gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5: Sistemin Son Hali

Temiz suyun devamlılığını sağlamak sebebi ile oluşturulan projede kablosuz haberleşme yapılmış ve iki kuyudan düzenli olarak su aktarımı sağlanmıştır. Bu aşamada PLC'ler arası kablosuz haberleşme, wi-fi modüller kullanılarak yapılmış ve veri kontrolü sağlanmıştır. Kuyulardaki sıvı seviyelerini karşılaştırmak için de Arduino kartlar kullanılmıştır. Bütün bu düzeni takip edebilmek için SCADA ekran ara yüzü tasarlanmış ve bu sayede sensörlerin çalışması, suyun aktarımı, havuzun dolumu, veri akışının devamlılığı ve arıza durumlarının takibi sağlanmıştır.

Kaynakça

- Ibrahim M, SCADA Sistemleri Kullanılarak Petrol Depolama ve Dağıtım Hatlarının Kontrolü ve Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi (Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), Konya,2010
- Adıyan, Abdullah, Sıvı Seviye Kontrolü İçin Scada Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi (Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), İzmir, 2012
- Güner, Halit Serkan, Bayramiç Kazası Manuel Atık Su Tesisinin Scada Otomasyonu (İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), İstanbul, 2012
- Kurtoğlu, Bahar, Serdar Başün, Alper Bender, Su Pompası Otomasyonu (Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Trabzon, 2013
- Suyabatmaz, B. Kablosuz Veri İletimi için Alıcı-Verici Geliştirme Kartı Tasarımı ve Örnek Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, 2006.
- Özkaya U, Ulukut Ö, Çömlekçi S, Vardar G. “İçme suyu şebekesi kontrol otomasyonu”. EMO Dergisi, http://www.emo.org.tr/ekler/adcff841230f72a_ek.pdf (15.10.2016).
- İnan A, Koyun A. “İçme suyu kuyuları ve depolarının Rf & internet destekli otomasyonu ve geniş arazide uygulaması”. Otomasyon Dergisi,13(1), 159-162, 2005
- Daldal, N., İçme Suyu Şebeke Otomasyonunun Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi, sy 831-836, 2018
- Özer, A., Kablosuz Haberleşme Teknolojisi Kullanılarak Enerji Otomasyonunun Sağlanması, sy. 1-2, Van, 2009



Design of Communication and Power Systems in Unmanned Underwater Vehicles

Ercan Ataner^{1*}, Büşra Özdeş², Gamze Öztürk³, Taha Yasin Can Çelik⁴, Akif Durdu⁵,
Hakan Terzioğlu⁶

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4548-9968)

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3902-3053)

³Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3278-0016)

⁴Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3955-0953)

⁵Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

⁶Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803213)

ATIF/REFERENCE: Ataner, E., Özdeş, B., Öztürk, G., Çelik, T. Y. C., Durdu, A. & Terzioğlu, H. (2020). Design of Communication and Power Systems in Unmanned Underwater Vehicles. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 262-267.

Abstract

Unmanned underwater vehicles (ROV/AUV) are robotic systems that can float underwater, are autonomous and remotely controlled. The first unmanned underwater vehicle on record was designed by Luppis Whitehead Automobile in the form of a torpedo in 1864. The first vehicle designed in the same sense used today was designed by Dimitri Rebikoff in 1953. Today, unmanned underwater vehicles are used in a wide range of areas such as underwater search and rescue operations, ship underwater maintenance and repair operations, taking images from dangerous environments where divers cannot enter, military use, inspection of wrecks and underwater cleaning.

The design stages of underwater vehicle control system are given in this study. The system consists of control cards, communication modules, sensors, lighting and power electronics elements. The basic philosophies followed for the design of the system are modularity and safety. This situation provides ease in the organization of the components in the underwater vehicle as well as the modular structure, the test and repair stages are easily carried out. To ensure modularity, the system is divided into two subcomponents as power and control units. In addition, a computer interface is used to control the underwater vehicle. With this interface, data is exchanged with underwater vehicles so that the depth, water temperature and temperature of the sealed tube containing the electronic components can be monitored. Another task of the computer interface is to transfer the camera image taken from underwater to the user.

In this study, the remote control of unmanned underwater vehicles, the power system, communication infrastructure, the design of the structure that provides the transmission of the image and sensor information taken from underwater is mentioned.

Keywords: Control, Modular Design, ROV (Remotely operated underwater vehicle), System Design, Software.

İnsansız Su Altı Araçlarında Haberleşme ve Güç Sistemlerinin Tasarımı

Öz

İnsansız su altı araçları (ROV/AUV) su altında yüzebilen, otonom ve uzaktan kontrol edilebilen robotik sistemlerdir. Kayıtlardaki ilk insansız sualtı aracı Luppis Whitehead Automobile tarafından 1864 yılında torpido şeklinde tasarlanmıştır. Günümüzde kullanılan manasıyla tasarlanan ilk araç ise 1953 senesinde Dimitri Rebikoff tarafından tasarlanmıştır. Günümüzde insansız su altı araçları su altı arama kurtarma çalışmaları, gemi su altı bakım ve onarım işlemleri, dalgıçların giremeyeceği tehlikeli ortamlardan görüntü alma, askeri amaçlı kullanım, batıkların incelenmesi ve su altı temizliği gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Çalışmada su altı aracı kontrol sisteminin tasarım aşamaları verilmiştir. Sistem kontrol kartları, iletişim modülleri, sensörler, aydınlatma ve güç elektroniği elemanlarından oluşmaktadır. Sistemin tasarımı için takip edilen temel felsefeler modülerlik ve güvenlidir. Bu durum bileşenlerin su altı aracı içerisindeki organizasyonunda kolaylık sağladığı gibi modüler yapı sayesinde test ve onarım aşamaları kolaylıkla gerçekleştirilir. Modülerliği sağlamak amacıyla sistem güç ve kontrol birimi olarak iki alt bileşene ayrılmıştır. Ayrıca su altı aracının kontrolü için bir bilgisayar arayüzü kullanılmaktadır. Bu arayüz sayesinde su altı aracı ile veri alışverişi yapılmakta bu sayede derinlik, su sıcaklığı ve elektronik bileşenleri içerisinde bulunduran sızdırmaz tüpün sıcaklığı takip

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4548-9968, ercanataner@gmail.com

edilebilmektedir. Bilgisayar ara yüzünün bir diğer görevi ise su altından alınan kamera görüntüsünün kullanıcıya aktarılmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada insansız su altı araçlarının uzaktan kontrolü, güç sistemi, iletişim alt yapısı, su altından alınan görüntünün ve sensör bilgilerinin kullanıcıya aktarımını sağlayan yapının tasarımı bahsedilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kontrol, Modüler Tasarım, ROV (Remotely operated underwater vehicle), Sistem Tasarımı, Yazılım.

1. Introduction

Studies on unmanned underwater vehicles (ROV-AUV) have shown a rapid increase, especially in recent years. Remote control (ROV) and autonomous underwater vehicles (AUV) (Schjølberg & Utne, 2015) have begun to be used field of oceanographic research, bathymetric measurements, underwater maintenance activities and military defense, equipped with a wide range of sensors and auxiliary equipment in addition to their existing equipment (Yildiz, Yilmaz, & Gokalp, 2009).

ROV can also be called a remotely operated vehicle underwater or a mobile robot designed for underwater work environments. The remote control of the vehicle is carried out via a power and communication cord through a user interface. The main drawback in ROV use is that visual inference and evaluations have become more difficult due to the loss of human presence. However, in addition to advanced imaging systems, autonomous vehicles with high mobility are being designed to overcome this problem (Ahmed, Yaakob, & Sun, 2014).

The first ROV developers are still unknown, but pioneers in the ROV development process are considered to be an underwater vehicle developed by Dimitri Rebikoff in 1954, called a torpedo and POODLE developed by Luppis - Whitehead Automobile in 1864. The use of ROVs to operational size was carried by the U.S. Navy. U.S. Navy begins development of some kind of underwater robot to recover underwater weapons lost during naval tests. The U.S. Navy has pioneered the operational use of underwater vehicles with the Rescue of an atomic bomb lost off the Spanish town of Palomares in a plane crash in 1966 and Rescue of crew of submarine that sank off Ireland (Moore, Bohm, Jensen, & Johnston, 2010).

In our country, the ROVs, which began to be used on experimental U.S. mine exploration ships in the 1970s, were first procured from abroad in the 1990s and started to be used as a limited number of MK series in the Navy's mine exploration fleet. In 1996, the Navy command, seeking domestic product supply due to restrictions on its supply, first examined the SUTA (Research Institute for underwater technologies) ROV, but later decided to work with TUBITAK on this issue. ULISAR project under TUBITAK organization can be given as the first serious study in this field in our country. The Multi-Purpose National Unmanned Underwater Vehicle ULISAR, developed by Middle East Technical University with the support of TUBITAK, is a lightweight ROV that is intended to dive up to 100 M and is controlled via acoustic link. July 1, 2006 - July 1, 2009, the project was carried out on an academic basis and is the first important step in Turkey in this regard on the basis of conceptual proof. At the end of the project, the desired goals were not fully achieved. however, capable of visual navigation on them, cameras, searchlights, sonar, sonar, modem and other similar devices where acoustic sensors are installed, the relevant electronic cards are designed and prepared, where preparation of the software on these devices so as to provide convenience to the user resides on an operator console system was created (Canlı, Kurtoğlu, Canlı, & Tuna).

Recently, demand for low-cost ROV by private companies, Professional Studies, University students and public organizations has increased. This work includes an effective hardware-software combination that allows monitoring data collection or control of underwater vehicles for military uses.

2. Material and Method

The main philosophies followed for system design are modularity and security. This makes it easy to organize the components in the vehicle, and the testing and repair stages are easily carried out thanks to the modular structure. The underwater vehicle control structure consists mainly of two sub-components, the power system and the communication system.

2.1. Underwater Vehicle Power Systems

In underwater vehicles, the thruster motors used in the vehicle must be strong in order for the vehicle to have a high mobility. This leads to a high need for power in underwater vehicles. Power sources commonly used in unmanned underwater vehicles are batteries and wired supply systems.

Lithium ion batteries are a good alternative to underwater vehicles because they have a high energy density and long cycle life, and have been widely used in mobile phones and laptops for many years (Bradley, Feezor, Singh, & Sorrell, 2001).

The power required by the vehicle can also be transferred to the underwater vehicle using another method, cable, since the vehicle's battery life is a disadvantage due to the limited battery life in long-running operations. with the cable method, underwater vehicles can perform their duties without time constraints. When this type of configuration is used, losses occur in the cables used to provide power. In order to overcome this situation, the transmitted voltage level is kept high and the losses on the cable are minimized.

In the system subject to this study, the vehicle is designed as wired. Since the electronic components are working under water, the voltage level has been tried to be kept at a safe level by considering possible insulation problems. So the voltage is selected as 48V and the system is designed accordingly. The designed vehicle needs 48V/25A power at full performance. Since the components used in the vehicle require 12V and 5V voltages, the required voltage levels have been adjusted to the desired level by using appropriate DC-DC converters within the vehicle. The voltage conversion takes place in two stages. In the first stage the voltage is reduced from 48V DC to 12V DC. At this stage, two DC-DC converters were used and the load on them was shared equally to prevent overloading of DC-DC converters. In this way, a reliable structure has been obtained. In the second stage the voltage is reduced from 12V DC to 5V DC. Two DC-DC converter used at this stage was used to provide the 5V DC voltage needed by electronic components. In addition, the designed system has Engine Driver (ESC) modules for driving the engines and led driver modules for controlling the lighting system. the design of the power system has been terminated by mount an emergency stop button to cut the power of the system in case of any danger and a fuse to prevent damage to the system in case of possible short out. The block diagram for the designed system is shown in Figure 1.

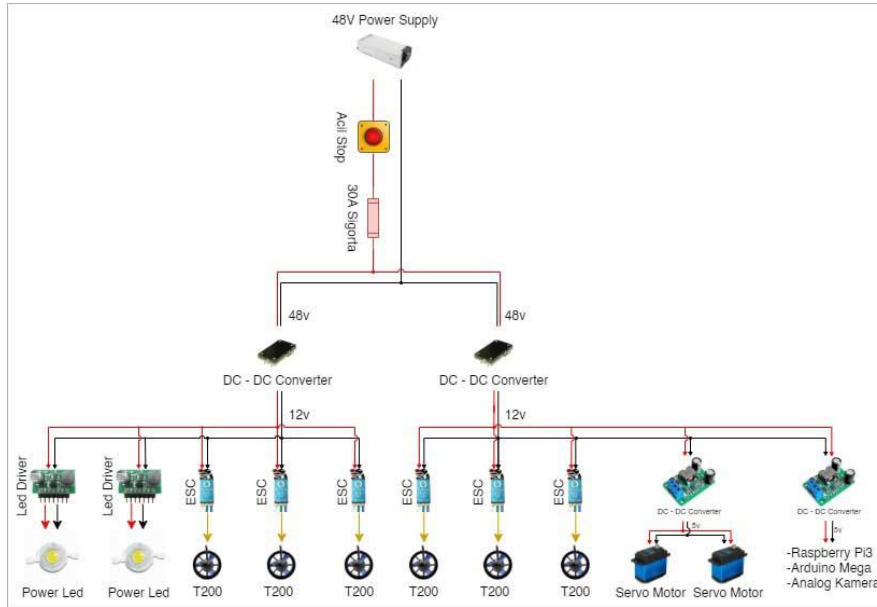


Figure 1. Power distribution schema block diagram

2.2. Water Vehicles Communication Systems

The fact that seawater behaves in very limited bands and permeable to a certain extent within the electromagnetic spectrum makes it very difficult to use wireless communication in underwater communication. In addition, acoustic communication systems have been developed for wireless communication under water (Freitag & Catipovic, 1989; KAHVEÇİ, 2013; Llor & Malumbres, 2010).

In this study, wired communication system from communication systems was discussed and the necessary designs were made in this direction. The system consists of sensors, camera, control board and communication module.

Underwater vehicles can be equipped with a wide range of sensors in accordance with the tasks they will be used. Sonar, magnetometer, barometer, conductivity and temperature sensors are examples of these. Within a decade, developed commercially available, precise, high update rate navigation sensors such as Doppler sonars, optical gyroscopes and inertial measurement units (IMU) (Ahmad, Ghazilla, Khairi, & Kasi, 2013; Höflinger, Müller, Zhang, Reindl, & Burgard, 2013). so, it has outperformed traditional underwater sensors such as acoustic positioning systems and magnetic compasses (Kinsey, Eustice, & Whitcomb, 2006). The sensors used in the designed system are Temperature Sensor, Pressure sensor and IMU. The temperature sensor has been used to measure ambient temperature. The pressure sensor was used to obtain the depth information of the vehicle, while the IMU was used to provide a feedback signal to the PID control system, which was used to control the balance of the vehicle.

Since wireless communication is not possible under water, communication is carried out on a wired basis. For long-distance wired communication, communication modules suitable for the system should be used to deliver data to the control element without loss. The Fathom-s tether interface card was used to provide communication between the control unit and the computer interface. This card provides the necessary communication and video signals for the underwater vehicle through a single communication line. The received data is transferred to the computer via USB-TTL conversion at the above-water control station and can be monitored via the interface.

Since the Fathom-s card used in the system supports an analog camera, an analog camera selection has been made to be suitable for use with this card. A camera with high performance in low light is selected so that the user can control the vehicle in low light conditions.

The tasks of the control unit, consisting of a microcontroller card, are to read the data from the sensors on the vehicle, provide control of the vehicle, and transfer the resulting sensor data to the user. Arduino Mega 2560 microcontroller board was used in the designed system. The most basic task of this card is to balance the vehicle with the PID control system by using the data it receives from IMU. The PID control method is a feedback control mechanism commonly used in industrial control systems (Johnson & Moradi, 2005; Maalouf et al., 2013; Shen, Cao, Zhou, Xu, & Gu, 2013). A PID controller calculates an “error” value by taking the difference between the measured value and the desired reference value. The PID Controller aims to achieve the measured value to the desired reference value by controlling the process input (Ang, Chong, & Li, 2005; Knospe, 2006). The error value used in balance control consists of the difference between the angle values read from the IMU and the reference value. The PID control system aims to bring this error value to the reference value by driving the engines associated with PID algorithms. The underwater engines used in the system are driven by PWM method. The PID control algorithm is shown in Figure 2.

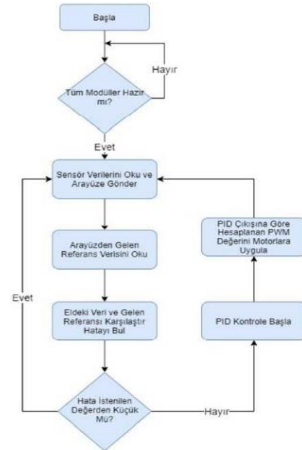


Figure 2. PID control algorithm

Communication with the above-water control station is provided by the UART protocol. UART is one of the simplest and most widely used serial communication techniques. Almost all microcontrollers have UART hardware built into their architectures. Today, UART, GPS receivers, bluetooth modules, GSM and GPRS modems, wireless communication systems, etc. It is used in many areas such as (Chun-Zhi, Yin-shui, & Lun-yao, 2011; Norhuzaimin & Maimun, 2005). In Figure 3, the block diagram for the communication system is given.

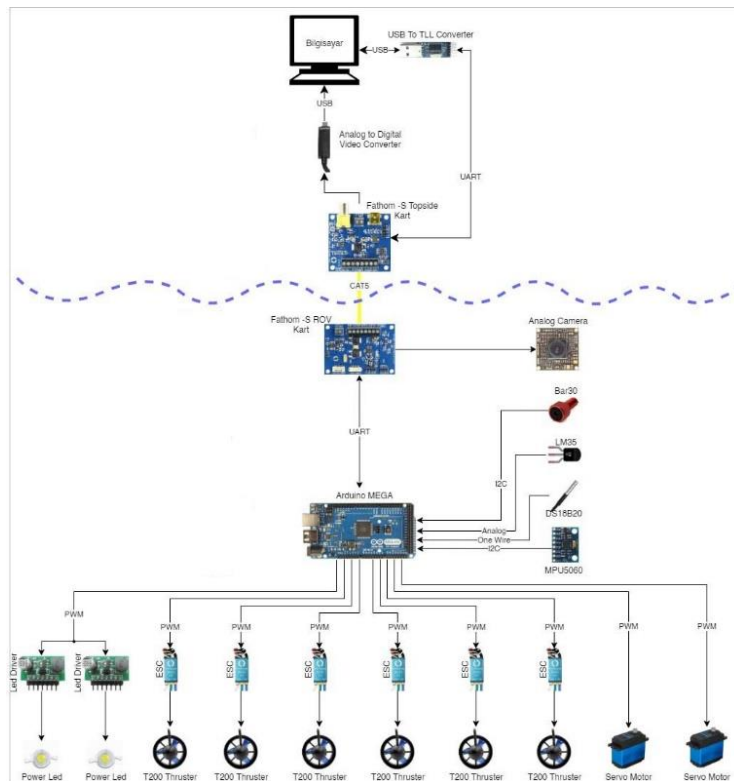


Figure 3. Communication infrastructure of the vehicle

The last part of the system is computer software. Thanks to the designed computer interface, the vehicle can be controlled with any commercially available joystick. The computer interface, in which the image taken from the vehicle camera is transmitted to the user, and the sensor data contained on the vehicle can be monitored instantly, has been prepared in Visual Studio in C#. The interface

provides communication with the underwater vehicle via the UART Protocol (Pardue, 2007). Computer interface is shown in Figure 4.



Figure 4. Computer interface

3. Results and Discussion

The power needs of the designed underwater vehicle were supply wired and a design was made in this direction. Since 1200W, the maximum power required by the vehicle, will be transferred to the vehicle with a voltage of 48V, the cable section required at a distance of 25m for a maximum voltage drop of 3% is calculated as follows;

For $P = 1200W$;

$$S = \frac{100 * P * L}{k * \%e * U^2} = \frac{100 * 1200 * 25}{56 * 3 * 48^2} = 7.75 \text{ mm}^2$$

According to the calculation, the minimum cable cross-section that should be used for a voltage drop of 3% was calculated as 7.75 mm² according to this calculation, the vehicle has the ability to operate in an area of 25 m radius. The image of the vehicle's pool tests is shown in Figure 5.

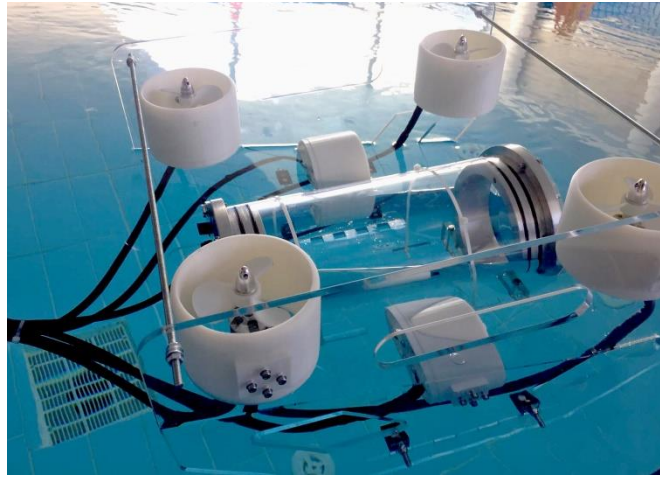


Figure 5. Image of the designed vehicle's pool tests

In addition, the cable in which the vehicle's image and communication signals are carried is the CAT-6 communication cable. The Fathom-S communication module used on the vehicle provides lossless data communication wired from a distance of 100 m.

The power needed to feed the vehicle in unmanned underwater vehicles can be supplied in two ways as a battery and wired feed. Both systems have advantages and disadvantages in themselves. This causes the weight of the vehicle to increase when internal batteries are used to feed the vehicle. In vehicles using a battery, a high power requirement of the vehicle causes the battery to be consumed quickly. As a result, vehicles cannot be used in long-running operations. However, the battery usage will ease the vehicle's cable load, making the vehicle more flexible and agile. If the power requirement of the vehicle is transported by cable, the vehicle can be used in long-term operations without time limitation since the power is supplied from outside. However, the need for high currents when the vehicle is working causes a voltage drop in the cables.

Since increasing the cable section to prevent voltage drop will restrict the vehicle's mobility, these two options must be examined and the appropriate selection must be made in accordance with the tasks in which the vehicle will be used.

4. Conclusions and Recommendations

Recently, demand for low-cost ROV by private companies, professional studies, university students and public organizations has increased. In this study, which was prepared to meet this demand, stages of implementing electronic and remote control components of unmanned underwater vehicles were given. Designed with modularity, this system is revealed by enabling the units undertaking different tasks and functions to operate as a whole. The design of the control structures of unmanned underwater vehicles is difficult, but due to the increase in the use of unmanned underwater vehicles in recent years, it is one of the current issues. The designed control system is unique to the vehicle and can be mass-produced. In this way, it can easily become a tool that can be worked and improved. In addition, additional equipment can be added to the vehicle, providing autonomous capabilities, and can be used in national and international unmanned underwater competitions.

References

- Ahmad, N., Ghazilla, R. A. R., Khairi, N. M., & Kasi, V. (2013). Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. *International Journal of Signal Processing Systems*, 1(2), 256-262.
- Ahmed, Y. M., Yaakob, O., & Sun, B. K. (2014). Design of a new low cost ROV vehicle. *Jurnal Teknologi*, 69(7).
- Ang, K. H., Chong, G., & Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology. *IEEE transactions on control systems technology*, 13(4), 559-576.
- Bradley, A. M., Feezor, M. D., Singh, H., & Sorrell, F. Y. (2001). Power systems for autonomous underwater vehicles. *IEEE Journal of oceanic Engineering*, 26(4), 526-538.
- CANLI, G. A., KURTOĞLU, İ., CANLI, M. O., & TUNA, Ö. S. DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İSAA-AUV & ROV TASARIM VE UYGULAMALARI. *GİDB Dergi*(04), 43-75.
- Chun-Zhi, H., Yin-shui, X., & Lun-yao, W. (2011). *A universal asynchronous receiver transmitter design*. Paper presented at the 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC).
- Freitag, L. E., & Catipovic, J. (1989). *A signal processing system for underwater acoustic ROV communication*. Paper presented at the Proceedings of the 6th International Symposium on Unmanned Untethered Submersible Technology.
- Höflinger, F., Müller, J., Zhang, R., Reindl, L. M., & Burgard, W. (2013). A wireless micro inertial measurement unit (IMU). *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, 62(9), 2583-2595.
- Johnson, M. A., & Moradi, M. H. (2005). *PID control*: Springer.
- KAHVECİ, S. (2013). Sualti akustik haberleşme. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi*, 1-97.
- Kinsey, J. C., Eustice, R. M., & Whitcomb, L. L. (2006). *A survey of underwater vehicle navigation: Recent advances and new challenges*. Paper presented at the IFAC Conference of Manoeuvring and Control of Marine Craft.
- Knospe, C. (2006). PID control. *IEEE Control Systems Magazine*, 26(1), 30-31.
- Llor, J., & Malumbres, M. P. (2010). Modelling underwater wireless sensor networks. *Wireless Sensor Networks: Application-Centric Design, Ed. InTech Education and Publishing*, 185-203.
- Maalouf, D., Tamanaja, I., Campos, E., Chemori, A., Creuze, V., Torres, J., & Lozano, R. (2013). From pd to nonlinear adaptive depth-control of a tethered autonomous underwater vehicle. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(2), 743-748.
- Moore, S., Bohm, H., Jensen, V., & Johnston, N. (2010). Underwater Robotics. *Science, Design and Fabrication. Marine Advanced Technology Education Center (MATE), Monterrey CA, USA*.
- Norhuzaimin, J., & Maimun, H. (2005). *The design of high speed UART*. Paper presented at the 2005 Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics.
- Pardue, J. (2007). *Virtual Serial Port Cookbook*: Smiley Micros.
- Schjøberg, I., & Utne, I. B. (2015). Towards autonomy in ROV operations. *IFAC-PapersOnLine*, 48(2), 183-188.
- Shen, F., Cao, Z., Zhou, C., Xu, D., & Gu, N. (2013). Depth control for robotic dolphin based on fuzzy PID control.
- Yildiz, O., Yilmaz, A. E., & Gokalp, B. (2009). State-of-the-art system solutions for unmanned underwater vehicles. *Sensors*, 1, 2.



Prediction of Diabetes Mellitus by using Gradient Boosting Classification

Fatema Nusrat ^{1*}, Betül Uzbaş ², and Ömer Kaan Baykan ³

¹ Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Science, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-8495-4925)

² Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Science, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-0255-5988)

³ Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Science, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-5890-510X)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803504)

ATIF/REFERENCE: Nusrat, F., Uzbaş, B. & Baykan, Ö. K. (2020). Prediction of Diabetes Mellitus by using Gradient Boosting Classification, *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 268-272.

Abstract

Diabetes has become a pervasive and endemic health problem worldwide. It is a chronic disease and also life-threatening. It can cause health problems in many organs such as the heart, kidneys, eyes, nerves, and blood vessels. To reduce the fatality rate from diabetes, early prevention techniques are needed. Nowadays, machine learning techniques are used to predict or detect different life-threatening diseases like cancer, diabetes, heart diseases, thyroid, etc. In this study, a prediction model of diabetes mellitus was presented using the Pima Indian dataset. Three different machine learning techniques that Decision Tree (DT), Random Forest (RF) and, Gradient Boosting (GB) algorithm were used to predict diabetes mellitus and the performance analysis was performed. Confusion matrix, accuracy, F1 score, precision, recall, Cohen's kappa were evaluated and also a ROC curve was plotted. Out of the three techniques, the best results have been achieved with GB.

Keywords: Diabetes, Gradient Boosting, Machine Learning

Gradient Boosting Classification kullanarak Diabetes Mellitus Tahmini

Öz

Diyabet, dünya çapında yaygın ve endemik bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Bu hastalık, kronik ve ayrıca yaşamı tehdit eden bir hastalıktır. Kalp, böbrekler, gözler, sinirler ve kan damarları gibi birçok organda sağlık sorununa yol açabilir. Diyabet kaynaklı ölüm oranını azaltmak için erken önleme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde makine öğrenmesi teknikleri kanser, diyabet, kalp hastalıkları, tiroid vb. gibi hayatı tehdit eden farklı hastalıkları tahmin etmek veya tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada Pima Indian veri setini kullanarak bir şeker hastalığı tahmin modeli sunulmuştur. Çalışmada şeker hastalığını tahmin etmek için Karar Ağacı (KA), Rastgele Orman (RO) ve Gradyan Arttırma (GA) algoritmaları olmak üzere üç farklı makine öğrenmesi tekniği uygulanmış ve performans analizi yapılmıştır. Karmaşıklık matrisi, doğruluk, F1 skoru, kesinlik, geri çağırma, Cohen'in kappa'sı değerlendirilmiş ve ayrıca ROC eğrisi çizdirilmiştir. Üç teknikten, GA ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Diyabet, Gradyan Arttırma, Makina Öğrenmesi

1. Introduction

Diabetes mellitus is a chronic disease which threatens human being's health life. It is increasing rapidly worldwide. Long-lasting disease as diabetes mellitus specified by hyperglycemia. In the blood, a high level of sugar or glucose indicates hyperglycemia. Nowadays diabetes has become a prevalent health problem worldwide. It is slowly damaging different parts of our body and creates serious complications. There are many types of diabetes such as type 1, type 2, auto-immune mediated diabetes, gestational diabetes [1]. Type 1 diabetes is also called Immune-Mediated Diabetes. In the world, 5-10% of people have type 1 diabetes. An absolute lack of insulin in the body and obstruction of pancreatic secretion is the main cause of type 1 diabetes mellitus. On the other hand, type 2 is also known as non-insulin-dependent diabetes. About 90-95% of people have type 2 diabetes which is more prevalent [2]. Gestational diabetes occurs in pregnant women who have no diabetes in previous [1]. In the world, adult diabetic people has increased from 108 million people in 1980 to 422 million people in 2014. Also, a study is observed in 2014, in East Asia and South Asia the number of diabetic patients 106 million and 86 million respectively [3]. For diabetes mellitus, Asia is the highest risk zone in the whole world [4].

In the year of 2015, South East Asia (SEA) has approximately 78.3 million (8.5%) populations are suffering from type 2 diabetes mellitus who are adults. Nowadays adults' diabetes rates are so high than previous [5]. During pregnancy, the SEA region also observed 24.2% of women affected by gestational diabetes which is threatening for the child. Another statistic also found that the prevalence of diabetes will reach 4.4% in 2030 for all age-groups worldwide and the total number of diabetes patients is expected to increase from 171 million in 2000 to 366 million in 2030. [6].

Nowadays machine learning techniques are used to predict or detect different life-threatening diseases like cancer, diabetes, heart diseases, thyroid, etc. So, this research is to design a diabetes risk prediction model using Pima Indian diabetes dataset. DT, RF, and GB algorithms were used to predict diabetes mellitus and the performance was analyzed. Confusion matrix, accuracy, F1 score, precision, recall, Cohen's kappa were evaluated and also a ROC curve was plotted.

1.1 Related Work

Many researchers have worked a lot of research on medical data of diabetes mellitus. Different machine learning algorithms have been used to predict or detect diabetes. In this section, we have explained some previous works which have been done by different machine learning techniques.

Dewangan, Amit et al. [7] constructed the C4.5 model by using Pima Indian Dataset. On that 75-25% training-testing partitions accuracy was 77.08% and, 76.22% in the case of 85-15% training-testing partitions and 75.32% in the case of 90-10% training-testing partitions. Karthikeyani et al. [8] constructed a model that used the partial least squares method to extract features and Linear Discriminate Analysis (LDA) method for predicting diabetes mellitus. The accuracy of that model was 74.40%. Parashar et al. [9] proposed a classification technique which was the LDA method and then combined Support Vector Machine (SVM) with Feed Forward Neural Networks (FFNN). The accuracy of the SVM model was 75.65%. Al Helal, Mustakim, et al. [10] constructed three classification models are the KNN, Naïve Bayes, and RF then their final accuracy was according to 66.19%, 72.66%, 73.72%. They were used in the Weka tool.

2. Material and Method

The flow chart of the overall proposed model is described in Figure 1. In this dataset, there has no missing value. Then we used K-fold cross-validation where k=5 which means it divided the dataset into 5 data subsets. Then three classification techniques such as DT, RF, and GB algorithms are used for prediction. Then the last step is to calculate accuracy, F1-score, precision, recall, and Cohen's Kappa, and also a ROC curve was plotted.

2.1. Dataset Description

By using the Pima Indian Diabetes Dataset we have performed this study. This dataset is open and available from the University of California, Irvine UCI machine learning respiratory [11]. This dataset has 768 records with 9 attributes including the outcome attribute. In the outcome total, 768 records there are 268 cases are "tested positive" which means the patient has diabetes and 500 cases are "tested negative" which indicates the patient has no diabetes. This is also a two-class problem with numerical values. Table 1 has described the detailed attribute information of the dataset.

Table 1. Attribute information in the dataset

Number	Attributes	Description
1	Pregnancies	Number of times pregnant
2	Insulin	2-Hour serum insulin (μ U/ml)
3	BMI	Body mass index (weight in kg/(height in m) ²)
4	Age	Age(years)
5	Glucose	Plasma glucose concentration a 2 hours in an oral glucose tolerance test
6	Blood Pressure	Diastolic blood pressure (mm Hg)
7	Diabetes PedigreeFunction	Diabetes pedigree function
8	Skin Thickness	Triceps skinfold thickness (mm)
9	Outcome	range of value: 0 and 1(0 means no 1 means yes)

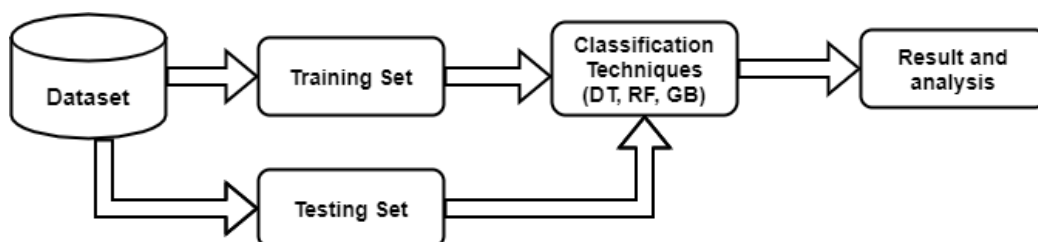


Figure 1: Proposed Model of this research

2.2. Decision Tree Method

Decision Tree is a supervised classification technique. It is a tree structure flow chart. It has a root node, internal nodes, and leaf nodes. When the decision tree has so many nodes then it prunes some node is called the pruning method [12]. In our study, we have done pruning where $\text{max_depth}=3$.

2.3. Random Forest Method

Random forest is a supervised machine learning algorithm. It is an ensemble learning method based on Bagging. It uses for regression and classification problems. It selects samples randomly from the dataset then builds a decision tree for each sample. A prediction result is measured from each decision tree. Then vote the prediction result after that the most votes consider the final prediction model [13].

2.4. Gradient Boosting Method

Gradient boosting is a machine learning technique that converts weak learners into strong learners. It is an ensemble learning method which also uses for regression and classification problems. The idea of gradient boosting was originated by Leo Breiman. There are three elements in gradient boosting. They are loss function, weak learner, and additive model [14].

2.5. Accuracy Measure

By using the confusion matrix we are calculated accuracy, F1-score, recall, precision. F1-score is the harmonic mean of precision and recall [15]. Also, a ROC (Receiver Operating Characteristic) curve was plotted and measured AUC value to analyze the performance of classification techniques. ROC curve is plotted by two parameters: TPR (True Positive Rate) and FPR (False Positive Rate). Also, Cohen's kappa was calculated which is a coefficient of statistics. It is a quantitative measure that measures the agreement between two raters. The range of kappa's value between 0 -1 where 0 means there is random agreement among raters and 1 means that there is a complete agreement among the raters [16].

3. Results and Discussion

We are used Python3 to implement the model. Several additional Python libraries are imported to solve the algorithm much efficiently. We have imported the necessary libraries like pandas, NumPy, scikit-learn, matplotlib, seaborn, and also imported our dataset into the Jupyter notebook. We have created three different classification models like DT, RF, and GB by using the Scikit-learn library. We are imported three classifier DecisionTreeClassifier (), RandomForestClassifier (), GradientBoostingClassifier (). Then we have measured the Confusion matrix, Accuracy, Precision, Recall, F1-score, AUC, and Cohen's Kappa. The confusion matrix of the DT, RF, and GB as shown in Table 2 is obtained in the analysis of diabetes mellitus. The comparison of Accuracy, Recall, Precision, F1-score, AUC, and Cohen's kappa of classification techniques is shown in Table 3.

3.1. Discussion

According to Table 3, the accuracy of DT has obtained as 0.7369, which is less than RF. While RF has 0.7450 accuracy, finally as the top best classifier, GB has 0.7630 accuracy. So GB has the highest performance that predicts diabetes mellitus. Precisions were obtained 0.6854, 0.7737, 0.6854 and recalls were obtained 0.4552, 0.3955, and 0.5932 for DT, RF, and GB respectively. And, DT, RF, and GB have 0.5470, 0.5234, 0.630 for F1-score values, respectively. Cohen's Kappa Statistic has also calculated for the classifiers and for DT, RF, and GB, 0.3722, 0.3761, and 0.4616 Cohen's Kappa have obtained. As the last comparison criteria; DT, RF, and GB have obtained 0.6842, 0.7996, and 0.8280 AUC value. According to the performance comparisons, among those three classifiers, the GB is the best classifier for the prediction. Also, figure 2 is shown a ROC curve of the GB model.

We have compared our results with the other researchers' works. They also used the same dataset. Table 4 shows a comparison between previous works and our study. GB classifier is also good for predictive accuracy other than a single predictive model like linear regression, naïve Bayes, support vector machines.

Table 2: Confusion Matrix Model

Classification Technique	TP	TN	FP	FN
<i>Decision Tree</i>	24	89	11	29
<i>Random Forest</i>	20	94	6	33
<i>Gradient Boosting</i>	32	85	14	22

Table 3: Comparison of the different Classification Technique

Classification Technique	Accuracy	Precision	Recall	F1 score	Cohens kappa	AUC
DT	0.7369	0.6854	0.4552	0.5470	0.3722	0.6842
RF	0.7450	0.7737	0.3955	0.5234	0.3761	0.7996
GB	0.7630	0.6854	0.5932	0.6360	0.4616	0.8280

Table 4. Comparison between previous works and our study

Method	Accuracy	Reference
C4.5 model	75.32%	Dewangan, Amit et al. [7]
LDA	74.40%.	Karthikeyani et al. [8]
SVM with FFNN	75.65%.	Parashar et al. [9]
KNN, Naïve Bayes, RF	66.19% 72.66% 73.72%.	Al Helal, Mustakim, et al. [10]
DT, RF, GB	73.69% 74.50% 76.30%	Our study

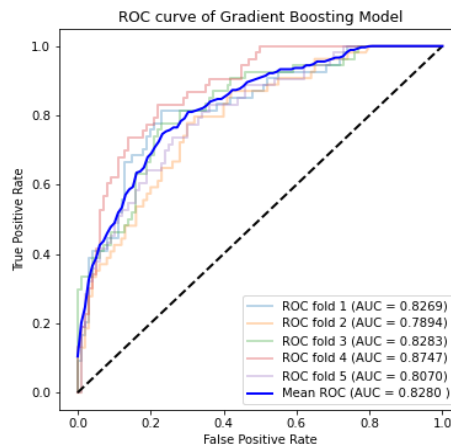


Figure 2: ROC curve of the Gradient Boosting Model

4. Conclusions

Detecting disease at an early stage is helpful for the medical center by using machine learning algorithms. The doctors can easily help the patients to identify their disease and also help them lead a better life. In this study, three classifier models, like DT, RF, and GB have experimented. On three classification techniques, the GB is the best classifier which can help doctors to diagnose or predict diabetes mellitus accurately.

References

- [1] Kerner, W., & Brückel, J. (2014). Definition, classification and diagnosis of diabetes mellitus. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes*, 122(07), 384-386.
- [2] Mellitus, D. (2005). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes care*, 28(S37), S5-S10.
- [3] Priyadi, Akhmad, et al. (2019). An economic evaluation of diabetes mellitus management in South East Asia. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research* | Apr-Jun 9.2
- [4] Chan, J. C., Malik, V., Jia, W., Kadowaki, T., Yajnik, C. S., Yoon, K. H., & Hu, F. B. (2009). Diabetes in Asia: epidemiology, risk factors, and pathophysiology. *Jama*, 301(20), 2129-2140.
- [5] Latif, Z. A., Ashrafuzzaman, S. M., Amin, M. F., Gadekar, A. V., Sobhan, M. J., & Haider, T. (2017). A Cross-sectional Study to Evaluate Diabetes Management, Control and Complications in Patients with type 2 Diabetes in Bangladesh. *BIRDEM Medical Journal*, 7(1), 17-27.

- [6] Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., & King, H. (2004). Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes care*, 27(5), 1047-1053.
- [7] kumar Dewangan, A., & Agrawal, P. (2015). Classification of diabetes mellitus using machine learning techniques. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(5).
- [8] Karthikeyani, V., & Begum, I. P. (2013). Comparison a performance of data mining algorithms (CPDMA) in prediction of diabetes disease. *International journal on computer science and engineering*, 5(3), 205.
- [9] Parashar, A., Burse, K., & Rawat, K. (2014). A Comparative approach for Pima Indians diabetes diagnosis using lda-support vector machine and feed forward neural network. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 4(11), 378-383.
- [10] Al Helal, M., Chowdhury, A. I., Islam, A., Ahmed, E., Mahmud, M. S., & Hossain, S. (2019, February). An optimization approach to improve classification performance in cancer and diabetes prediction. In *2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)* (pp. 1-5). IEEE.
- [11] Dataset, P. I. D. UCI Machine Learning Repository, diambil dari <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets>. *Pima+ Indians+ Diabetes*.
- [12] Song, Y. Y., & Ying, L. U. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai archives of psychiatry*, 27(2), 130.
- [13] Fawagreh, K., Gaber, M. M., & Elyan, E. (2014). Random forests: from early developments to recent advancements. *Systems Science & Control Engineering: An Open Access Journal*, 2(1), 602-609.
- [14] Breiman, L. (June 1997). Arcing The Edge (PDF). Technical Report 486. Statistics Department, University of California, Berkeley.
- [15] Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information processing & management*, 45(4), 427-437.
- [16] <https://towardsdatascience.com/cohens-kappa-9786ceceab58>



A Revision of the Navigation Path Based on Different Objects

Mehmet Korkmaz^{1*}

¹ Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1462-8005)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.803825)

ATIF/REFERENCE: Korkmaz, M. (2020). A Revision of the Navigation Path Based on Different Objects. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 273-278.

Abstract

This study is about a mobile robot navigation. Navigation algorithms are needed to move mobile robots. Thanks to these algorithms, the navigation of robots from the specified starting point to the target point is provided. However, avoiding obstacles while navigating the robot is one of the requirements that a standard navigation algorithm need. For obstacle avoidance, a navigation path is created by taking into account the obstacles on a known map. Another method is to actively scan during navigation and choose the paths without obstacles. On the other hand, classical obstacle detection or obstacle avoidance algorithms ignore whether objects are human or non-living. Thus, all obstacles are seen the same and the robot follows its path by avoiding these obstacles. On the other hand, treating people as a classic obstacle is one of the most important shortcomings of current navigation algorithms. In such a situation, people may be disturbed by the presence of robots. Especially after a Covid-19 pandemic, people need more space even between other humans. For this reason, obstacle avoidance algorithms encountered in classical navigation algorithms should be revised based on the presence of people so that a better navigation scheme will be created. In this context, a distinction is made between humans and other objects in this study. The robot updates the navigation paths by taking into account a social distance to people based on the proxemics theory. Thus, by providing the social distance people need, it has been able to create a navigation that will make people feel more comfortable.

Keywords: Human-Aware Navigation (HAN), Probabilistic Road Map (PRM), Proxemics, Robot Navigation

Farklı Nesnelere Göre Navigasyon Yolunun Revizyonu

Öz

Bu çalışma bir mobil robot navigasyonu ile ilgilidir. Mobil robotları hareket ettirmek için navigasyon algoritmalarına ihtiyaç duyulur. Bu algoritmalar sayesinde robotların belirlenen başlangıç noktasından hedef noktasına hareketi sağlanır. Bununla birlikte, robot navigasyonu sırasında engellerden kaçınma iyi bir navigasyon algoritmasının ihtiyaç duyduğu gereksinimlerden birisidir. Engellerden kaçınma için bilinen bir haritadaki engeller göz önüne alınarak navigasyon yolu oluşturulur. Bir diğer yöntem ise navigasyon sırasında aktif bir şekilde tarama yapılarak engellerin olmadığı yolların tercih edilmesidir. Öte yandan klasik engel belirleme veya engelden kaçınma algoritmaları nesnelere canlı veya cansız olmasını göz ardı eder. Böylece bütün engeller aynı görülür ve robot bu engellerden kaçınarak yolunu takip eder. Günümüz yaşantısında robotların insanların olduğu ortamlarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Robotlar insanların olduğu ortamlarda da kendilerine atanan görevleri icra etmelidir. Öte yandan insanlara klasik bir engel gibi davranılması mevcut navigasyon algoritmalarının en önemli eksikliklerinden birisidir. Bu tip bir durumda insanların robotların varlığından rahatsız olabilmektedir. Bu sebeple, klasik navigasyon algoritmalarında karşılaşılan engelden kaçınma algoritmaları insanlara yaklaşım mesafesini baz alarak revize edilmesi daha iyi bir navigasyon şeması oluşturacaktır. Bu kapsamda bu çalışma içerisinde insan ve diğer nesnelere arası bir ayrım yapılmıştır. Robot, insanlara proxemics teorisini baz alacak şekilde bir sosyal mesafe koyarak navigasyon yollarını güncellemektedir. Böylece insanların ihtiyaç duyduğu sosyal mesafe sağlanarak insanları daha konforlu hissettirecek bir navigasyon oluşturabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsan farkında navigasyon, Olasılıklı yol haritası, Proxemics, Robot navigasyonu

* Corresponding Author: Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye, ORCID: 0000-0002-1462-8005, mehmetkorkmaz@aksaray.edu.tr

1. Introduction

The use of robots has been increasing day by day in every aspect of our daily life. In particular, robots that can perform repetitive tasks have become a standard choice for industrial use. By choosing robots instead of humans in factories, faster, safer and better results can be produced. In addition, the use of mobile robot technology is still in its infancy. It is obvious that as mobile robots and their features develop, they will find more applications in our daily lives [6-7]. The use of robots of this type traditionally requires more care than robots that are fixed to a point and make certain movements. For example, specific steps will be indispensable for a robot that will move from one location to another. Some of these steps are that the robot should recognize its environment, locate itself in the environment, create a motion plan, make revisions accordingly in case of any interruption or roughness in the motion plan it creates. In general, these features are discussed in the literature under titles such as sensing, localization, motion planning, and obstacle avoidance in mobile robots. This study deals with the motion planning problem of a mobile robot from a different aspect.

Motion planning examines which path a mobile robot is to follow between its starting and target points. The robot tries to find the most suitable path for it from free zones on an existing map (global planning). While performing its movement on the found path, it may encounter possible obstacles that are not previously specified on the map. In such situations, it also uses the local planning module to avoid obstacles. There are many algorithms developed in the literature in accordance with the mentioned scheme [11-12].

On the other hand, the movement of mobile robots between humans involves different difficulties compared to the classical navigation scheme [8]. One of the main reason for these difficulties that the fact humans are a dynamic object. Furthermore, one of the important facts that should be taken into account when moving mobile robots in human environments is human-robot interaction. People can easily move around in the community without hitting or disturbing each other. This is an easy and ordinary function for human beings. However, a similar situation is not the case for robots. In a classical navigation scheme, people are perceived as ordinary objects and the robot passes them without crashing [6]. However, this is not appropriate considering the interaction of people with robots. People have difficulty in predicting the action of different types of things that are not similar to them, and this causes discomfort.

When addressing these types of problems, mobile robots must consider whether the obstacle is human or not, in addition to the path planning or obstacle avoidance scenarios required for moving in environments where they can also encounter with humans. When robots perform their movements on the planned paths, they should aim not to disturb people by following a different strategy while passing people. Accordingly, the waypoints obtained by the path planning algorithm must be updated according to the object information on the existing area.

2. Related Works

Mobile robots offer many advantages to users thanks to their different features. With the inclusion of mobile robots more in our lives, tasks such as elderly care and package delivery has started to become possible. One of the indispensable features required for mobile robots to perform different tasks is path planning / navigation schemes. With navigation schemes, robots can reach the desired target point by avoiding obstacles. Sensor-based random tree (SRT) approach improved in [1]. The algorithm tested on Player/Stage and MRDS platforms. [2] Nie & Zhao studied Dijkstra algorithm to find efficient path for the robot. They also offered Ant Colony Optimization method for their approach. The improved algorithm was tested on the Matlab platform.

As a social being, humans are also in a social relationship with their environment. This relationship is determined by written or unwritten rules and is carried out by people reciprocally. Similarly, these rules are shaped by different characteristics such as age, gender, and culture. For example, it is a cultural diversity for a person to choose the right or left side while walking on the road. Similarly, in different societies, the distance between people means different things. While interpersonal distance is farther in western societies, this distance may be shorter in eastern cultures. Physical distance between humans, on the other hand, can be standardized by an approach known as proxemics theory [9]. In this approach, there are different distances in human relations according to different social cases. People know and apply these unwritten distance rules. However, this distance can be violated if robots treat humans like a classical obstacle. In this case, the question arises whether classical path planning algorithms should be updated in a human-aware manner. This question has recently appeared in the literature as human aware navigation (HAN) or socially acceptable navigation. The main purpose of these algorithms is to operate robots at a more acceptable social level in human environments.

[3] Mateus et al. developed a deep learning-based algorithm to increase the robustness and efficiency of the human-aware navigation scheme. They presented Aggregate Channel Features (ACF) detector with a CNN algorithm. Xia et al. offered an integrated scheme for a mobile robot exploration and motion planner [4]. They used well-known Turtlebot to perform their algorithm and called their system as TutrtleSeek. A comprehensive review about HAN was presented in [5].

Furthermore, HAN studies have been improving with social scenarios. Those scenarios usually involve a group of people instead of one person. Besides, further investigations have been developing for different type of human passing scenarios or approaches to humans. Those studies generally referred as socially aware navigation schemes. In [6], Tung et al. emphasized the safe and social navigation of a robot in environments where human beings are present. They offered a proactive social model for robot navigation and tested their algorithms both in simulation and real-time environments. Che et al. [7] combined haptic technology with robot movements in order to develop robot-human communication. It is possible to avoid potential collisions with their compound approach. A detailed study that shows the recent trend in socially aware robot navigation was presented in [8].

3. Materials and Methods

This study handles a mobile robot and its navigation according to the path planning algorithm. As a motion model of the mobile robot, it is benefitted from a differential drive model which is frequently used to design the mobile robots. PRM algorithm is used for path planning and determining the waypoints.

3.1. Robot Model

Mobile robots can be designed based on different types of motion mechanisms. These vary from a unicycle or bicycle models to differential drive or Ackermann type models. Nevertheless, it is widespread to use differential drive kinematics for mobile robot design. In this type of robot, the rear two wheels can move forward or backward independently. These wheels are connected to each other via an axle. Classically, it has one or two ball caster in front (Fig. 1).

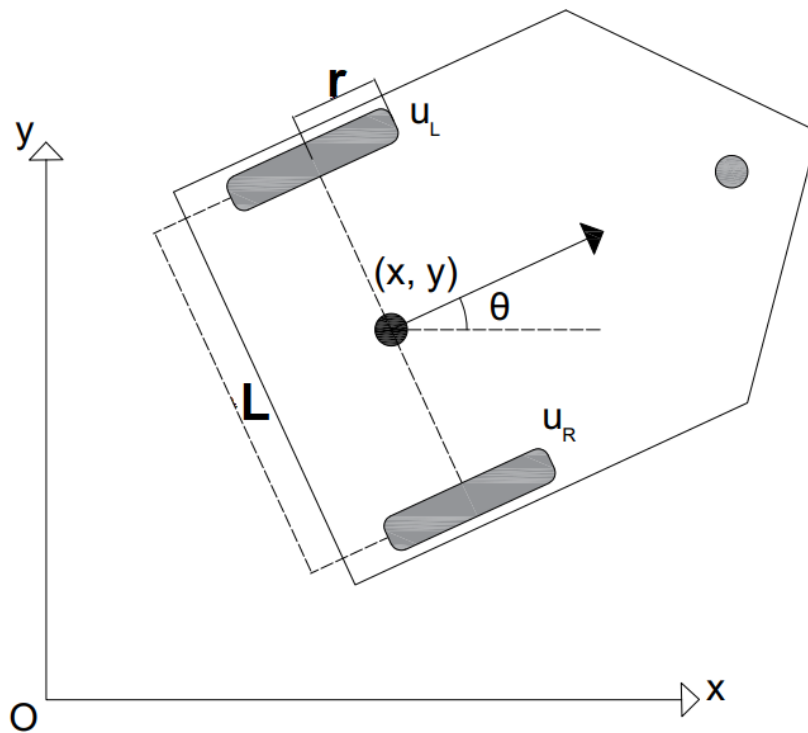


Fig. 1. The robot model used in the study

Within an O-centred, x-y coordinate 2D plane, the pose information of the mobile robot based on a differential drive kinematics can be described as (x,y,θ) parameters. (x,y) is a translation of the robot centre from the O-centre, (θ) is the heading angle of the robot. The parameters, which is necessary to design of this type of vehicles, (L) , is a distance between the wheels and (r) is a radius of the wheels. The speeds of the right and left wheels are represented by u_R and u_L , respectively. While performing robot rotation operations, the right and left wheels' speeds can be calculated based on the common turning point Instantaneous Centre of Curvature (ICC) [10].

3.2. Probabilistic Road Map (PRM)

Mobile robots need a path plan to reach the final destination from a starting point. Thanks to these path plans, the robot's waypoints are defined. These paths should be in accordance with the constraints of the robot and on free zones on the map. There are many algorithms in the literature for path planning. Some of the well-knowns are A*, Dijkstra, PRM, RRT. These algorithms have some advantages and disadvantages compared to each other. A detailed comparison of path planning algorithms can be seen in [11]. In this study, PRM algorithm has been chosen as a path planner due to its prominent features such as computational speed on finding the waypoints, covering the whole map etc.

PRM algorithm selects random sampling points in the existing map and establishes links between these points. Variables such as the link distance, the number of random points can be considered as the basic inputs of this algorithm. The points selected in the sample environment are called nodes (V) , and the connection of these points to each other is called the edges (E) . Thus, a $G=(V,E)$ graph can be created. On this graph, the shortest path connecting the starting and ending points is accepted as a path plan for the robot [12].

4. Implementation

A robot with a differential motion model is used in the study. The robot has been given start and target positions. Thanks to the PRM algorithm, the most suitable path has been obtained between the starting and target points. A map with different obstacles and

free spaces is used to realize the mentioned scenario. The map used in the study is a type of occupancy grid. Free zones are represented by 0, and zones with obstacles referred as 1.

A 60x60 map with different obstacles is given to the PRM algorithm. According to the results of a series of trials, the number of nodes of the PRM algorithm is chosen as 200, and the connection distance between nodes (edges) is chosen as 10. These selected values can be updated according to different environments and conditions. In these conditions, the robot is asked to reach the target point from the start. Starting and target points is defined as to global coordinate system in the form of [X, Y].

- Start Point = [5.0, 10.0]
- Target Point = [55.0, 35.0]

According to the PRM algorithm, different waypoints are first obtained as in Figure 2. If Figure 2 is examined carefully, the obstacle on the map, known to be human, is considered as a standard object and a path plan has been made so that the robot will pass near this object. However, this situation will possibly disturb the person.

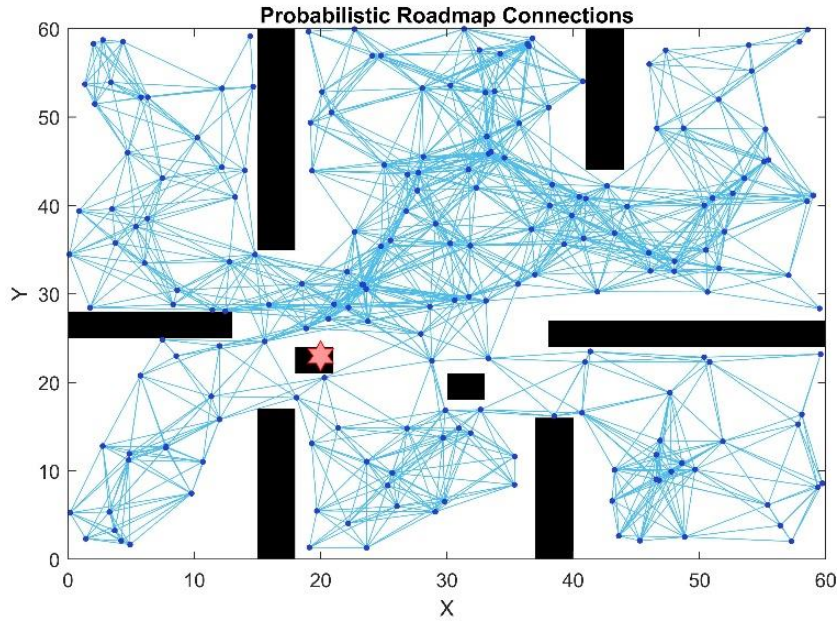


Fig. 2. PRM Connections and obstacles; red star represents a human, black square represents an ordinary object

In this context, considering the proxemics theory, if a transition point is defined next to human objects, these transition points should be updated. The algorithm to determine and update the waypoints is as follows (Algorithm 1).

Algorithm 1. Waypoints determination and update

```

Input: M with obstacle Info
Output: Updated waypoints that robot will follow

 $\tilde{M} \leftarrow M$  // Inflated map for possible collisions
wp = function PRM( $\tilde{M}$ , points, obsInfo) // inflated
    map, start-target points and obstacle
    information
end function
for #{wp} do
if  $\|wp_i, hObs\| < d$  then
    update(wpi)
end if
end for
    
```

According to the algorithm and implementation, the path found by PRM and revised version of it as in Figures 3 and 4. During the navigation process robot pose information for each iteration is as in Figure 5 and 6.

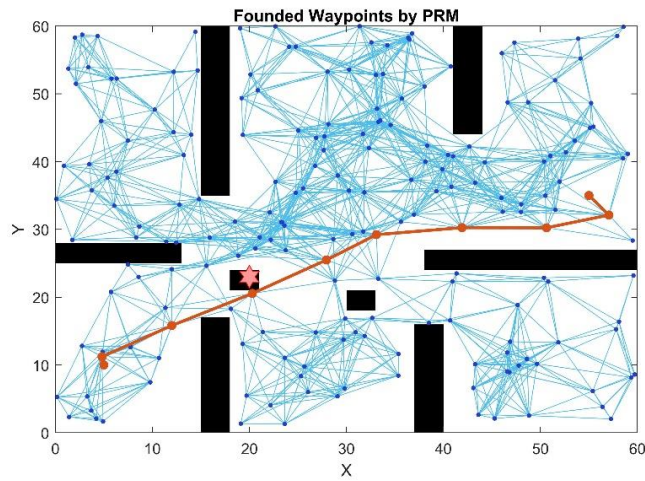


Fig. 3. Paths found by PRM

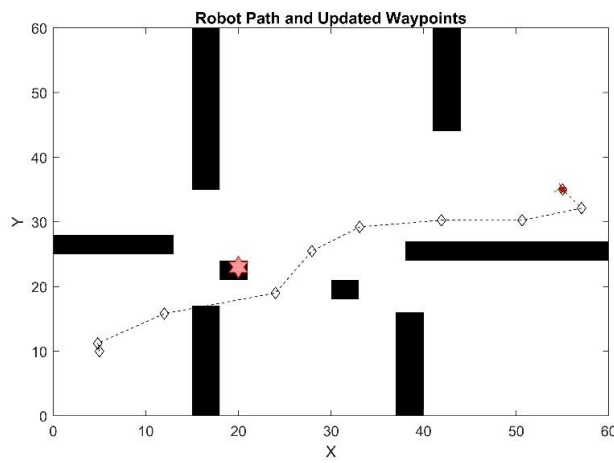


Fig. 4. Revised paths by the offered method.

When these results are examined, the robot first considered the situation of being a human close to the waypoints on the path it planned. If necessary, the algorithm has updated the waypoints according to the human.

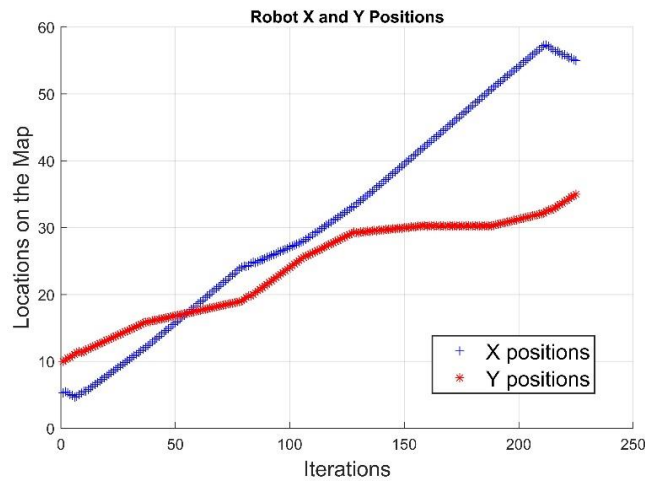


Fig. 5. Robot's X and Y positions during the navigation.

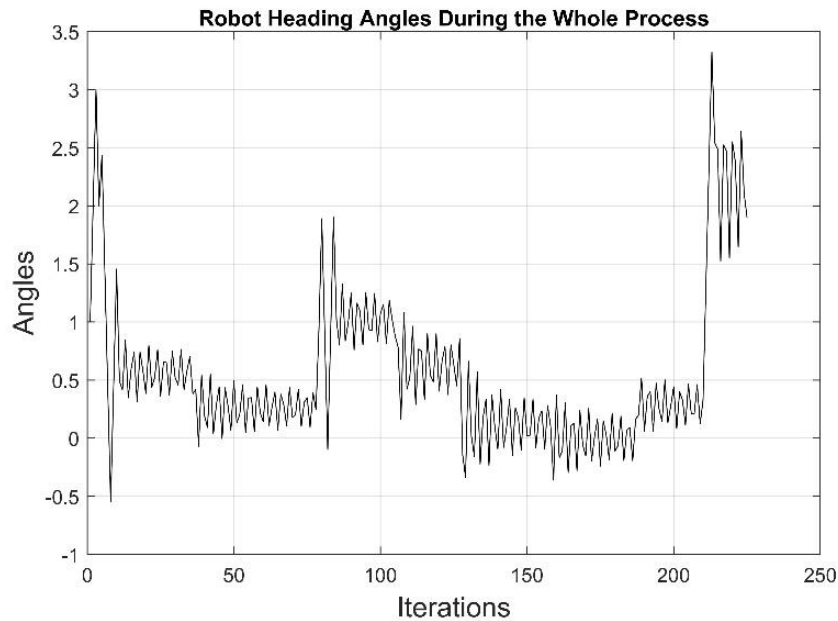


Fig. 6. Robot's heading angle during the navigation.

5. Conclusion and Future Works

This study is about revising the navigation path of a mobile robot according to the type of obstacles. The environment map, which involves the obstacles with their information is accepted as known initial conditions. Thus, the navigation algorithm creates a path for itself by making an appropriate selection from the free zones that the robot can go. However, the algorithm sees all obstacles equally and does not consider whether the obstacle is a human or any object. In this case, people may be disturbed by the presence of robots. In order to prevent this, the navigation algorithm has been updated based on social distance in the parts where people are. In this way, the robot tried to reach the target point by considering a certain distance in the sections where there are people. The navigation algorithm developed in the study is tested on a map where parts representing humans and other obstacles are present. The robot moves based on the proxemics theory requirements when it encounters with a person.

As a future works, it has been planning to implement the mentioned navigation plan for a different type of path planning algorithms.

References

1. Yiping, Z., Jian, G., Ruilei, Z., & Qingwei, C. (2014, May). A SRT-based path planning Algorithm in unknown complex environment. In *The 26th Chinese Control and Decision Conference (2014 CCDC)* (pp. 3857-3862). IEEE.
2. Nie, Z., & Zhao, H. (2019, November). Research on Robot Path Planning Based on Dijkstra and Ant Colony Optimization. In *2019 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)* (pp. 222-226). IEEE.
3. Mateus, A., Ribeiro, D., Miraldo, P., & Nascimento, J. C. (2019). Efficient and robust pedestrian detection using deep learning for human-aware navigation. *Robotics and Autonomous Systems*, 113, 23-37.
4. Xia, F., Tyoan, L., Yang, Z., Uzoije, I., Zhang, G., & Vela, P. A. (2015, April). Human-aware mobile robot exploration and motion planner. In *SoutheastCon 2015* (pp. 1-4). IEEE.
5. Kruse, T., Pandey, A. K., Alami, R., & Kirsch, A. (2013). Human-aware robot navigation: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 61(12), 1726-1743.
6. Truong, X. T., & Ngo, T. D. (2017). Toward socially aware robot navigation in dynamic and crowded environments: A proactive social motion model. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 14(4), 1743-1760.
7. Che, Y., Okamura, A. M., & Sadigh, D. (2020). Efficient and Trustworthy Social Navigation via Explicit and Implicit Robot-Human Communication. *IEEE Transactions on Robotics*, 36(3), 692-707.
8. Charalampous, K., Kostavelis, I., & Gasteratos, A. (2017). Recent trends in social aware robot navigation: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 93, 85-104.
9. Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension* (Vol. 609). Garden City, NY: Doubleday.
10. Lynch, K. M., & Park, F. C. (2017). *Modern Robotics*. Cambridge University Press.
11. Korkmaz, M., & Durdu, A. (2018, February). Comparison of optimal path planning algorithms. In *2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)* (pp. 255-258). IEEE.
12. Kavraki, L. E., Kolountzakis, M. N., & Latombe, J. C. (1998). Analysis of probabilistic roadmaps for path planning. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 14(1), 166-171.



A Novel Hybrid IoT Based IDS Using Binary Grey Wolf Optimizer (BGWO) and Naive Bayes (NB)

Ismail Mohamed Nur^{1*}, Erkan Ülker²

¹ Konya Technical University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-8171-3026)

² Konya Technical University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-4393-9870)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804113)

ATIF/REFERENCE: Nur, I. M. & Ulker, E. (2020). A Novel Hybrid IoT Based IDS Using Binary Grey Wolf Optimizer (BGWO) and Naive Bayes (NB). *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 279-286.

Abstract

One of the main objectives of intelligent environments is to enhance the quality of human life standard in terms of efficiency and comfort. The Internet of Things (IoT) model has newly evolved into the technology for establishing smart environments. IoT refers to physical things or devices which are able to exchange information with other devices. It is used in various fields such as smart home, smart city, industrial control, automobile industry, agriculture, intelligent transportation, home automation and appliances, healthcare, and many other fields. Moreover, it assures innovative business paradigms and advanced user experience. Privacy and security are counted as the key problems in any real-world intelligent environment for the IoT paradigm. Therefore, to implement the security of the IoT systems is becoming the first priority and big area of interest in the successful distribution of IoT networks. The open holes of security in IoT related systems create security risks that impact the smart applications. Mirai botnet is an example of one of the novel attacks that launched recently. The network of IoT is protected with authentication and encryption, but it can't be mitigated against malicious and harmful attacks. Thus, IoT based Intrusion Detection System (IDS) is required to detect the attacks. In this paper, a novel hybrid IoT based IDS using Binary Grey wolf optimizer (BGWO) and Naive Bayes (NB) is presented to defend and secure intrusions on the IoT network. BGWO is used as feature selection and NB as a classification method. The results are compared with other optimization algorithms. The BoT-IoT data set is used as an experimental data set.

Keywords: Internet of Things (IoT), Intelligent environments, Intrusion Detection System, Mirai botnet, Security

İkili Gri Kurt Optimizasyonu (BGWO) ve Naive Bayes (NB) Kullanılarak yeni bir hibrit IoT tabanlı IDS

Öz

Akıllı ortamların temel amaçlarından biri, verimlilik ve konfor açısından insan yaşam standardının kalitesini yükseltmektir. Nesnelerin İnterneti (IoT) modeli, akıllı ortamlar oluşturmak için yeni teknolojiye dönüşmüştür. IoT, diğer cihazlarla bilgi alışverişi yapabilen fiziksel eşyalar veya cihazları ifade etmektedir. Akıllı ev, akıllı şehir, endüstriyel kontrolü, otomobil endüstrisi, tarım, akıllı ulaşım, ev otomasyonu ve aletleri, sağlık gibi çeşitli alanlarda ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. Dahası, yenilikçi iş paradigmalarını ve gelişmiş kullanıcı deneyimini garanti etmektedir. Gizlilik ve güvenlik, IoT paradigmasına dayalı herhangi bir gerçek dünya akıllı ortamında temel sorunlar olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, IoT sistemlerinin güvenliğini uygulamak, IoT ağlarının başarılı dağıtımında birinci öncelik ve büyük ilgi alanı haline gelmektedir. IoT ile ilgili sistemlerdeki açık güvenlik delikleri, akıllı uygulamaları etkileyen güvenlik riskleri oluşturur. Mirai botnet son zamanlarda başlatılan yeni saldırılardan bir örnektir. IoT ağı, kimlik doğrulama ve şifreleme ile korunmaktadır. ancak kötü niyetli ve zararlı saldırılara karşı hafifletemez. Bu nedenle saldırıları tespit etmek için IoT tabanlı Saldırı Tespit Sistemi (IDS) gerekmektedir. Bu makalede, IoT ağındaki saldırıları savunmak ve güvenlemek için ikili Gri Kurt Optimizasyonu (BGWO) ve Naive Bayes (NB) kullanılarak yeni bir hibrit IoT tabanlı IDS

* Corresponding Author: Konya Technical University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Konya, Turkey, ORCID: 0000-0001-8171-3026, ismailmohamednur@gmail.com

sunulmuştur. BGWO, özellik seçimi olarak ve NB de sınıflandırma yöntemi olarak kullanılmıştır. Sonuçlar diğer optimizasyon algoritmalarıyla karşılaştırılmıştır. IoT-botnet veri kümesi, deneysel bir veri kümesi olarak kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti (IoT), Akıllı ortamlar, Saldırı Tespit Sistemi, Mirai botnet, Güvenlik

1. Introduction

With the rapid of technology enhancement, the concept of Internet of Things (IoT) is becoming well known. It is an emerging model in the world of computer and traditional network extension that allows information exchanging between all kinds of various smart sensing objects through the internet (Atzori, L. et al., 2010). So, The IoT can be accessed by everyone, all the time and on any device from anywhere (Benabdessalem, R. et al., 2014). It is estimated that a trillion new IP devices will be connected to the internet by 2022. IoT will be used in a wide range of applications and will be covered almost all the areas of human daily life base including smart home, household appliances, smart plant, intelligent transportation and public facilities, medical facilities, battlefield monitoring and unmanned aerial vehicles, interconnected vehicles, wearable equipment, and environmental monitoring as well as many other applications that require internet (Olasupo, T. O., 2019; Roy, S. K. et al., 2019; Yang, Y. et al., 2019). Moreover, The IoT security has progressively taken the widespread concern. When a malicious intruder launches an attack to the IoT, it will face significant damages. It has drawbacks of limited resources (e.g. low memory, computing power, and etc). So, the confidentiality, integrity and availability of the IoT information sharing is in danger (Meneghello, F. et al., 2019). The IoT is one of the fastest developing internets based flied, before the end of 2020 fifty billion connected appliances expected (Evans, D., 2011). Yuan, X., Li, C., & Li, X. (2017) argued that 17 million Denial of Service (DoS) intrusions would occur by 2020. Greenberg, A. (2016). showed an open hole on the Jeep vehicle automotive system which allowed remote control via the internet. In 2016, security investigators have found out a vulnerability that enables smart thermostats connected to the internet to be subjected to remote ransomware attacks in which an intruder gains exclusive control of the thermostat until the charges requested is paid (Raywood, D., 2016). Mirai was one of novel ransomware attack launched in 2016. It's an uncommon kind of botnet that triggers large scale of DDoS strikes by exploiting IoT devices (Kolias, C. et al., 2017). IoT network is protected with encryptions, authentications and topology construction of secure network. But these mechanisms are not enough to defend it once the intruder launches malicious attacks via data analysis (Öztürk and Özkaya, 2020). Therefore, other models of security mechanisms, such as Intrusion Detection System (IDS) should be considered to protect the IoT networks (Wang, C. X., et al., 2014).

Intrusion Detection System (IDS) is an effective and efficient method used to monitor and analyze malicious traffic in a certain network. It can behave as a second layer of defense which can defend the network against invaders when cryptography is broken (Anand, A., et al., 2012; Arrington, B. et al., 2016). Intrusion is a malicious or harmful activity that harms sensor nodes. IDS can explore and analyze machines and user behaves, detect signatures of well-known intrusions, and identify harmful network activity. The main goal of IDS is to observe for various intrusions in the networks and the nodes, and to alert users after attack detection performed. The IDS functions as an alarm or a network watcher. It prevents damage to the systems by generating an alert before intruders start to attack. Such programs could help human security analysts who are already dealing with large data sets and inundate of security alerts daily to better prioritize their security tasks (NUR, I. M., & ÜLKER, E., 2018).

In this article, we study hybrid of Naïve Bayes and Binary Grey Wolf Optimizer (BGWO-NB). BGWO used as feature selection and NB as classification method. BoT-IoT is one of the most up-to-date data set for intrusion detection. The rest of the article is written as follows: literature review of recently developed intrusion detection for IoT security using machine learning, Naïve Bayes, grey wolf optimizer, binary grey wolf and BGWO-NB presented in section 2, Experimental results and data set are discussed in section 3, and the conclusion presented in section 4.

2. Material and Method

2.1. Related Work

Thanigaivelan et al., proposed a distributed internal anomaly detection system for the IoT. The system's main characteristics are ranking, observing, isolation and notifying. Nodes observe, analyze and note to their neighbours at a hop, and if a neighbor does not provide the required output and rating then neighboring node to be classified as an anomaly. Raza, S. et al., (2013), presented a real-time IDS in the Internet of Things named SVELTE. It is an IDS valid for IoT that is implemented in Contiki OS. This mechanism only mitigates content spoofing intrusions within the network, selective and gulf transfer intrusions. Summerville, D. et al., (2015) developed an ultra-lightweight deep packet anomaly mitigation technique that is possible to implement on small IoT appliances. The method utilizes n-gram bit patterns to form payloads and enables the n-gram size to vary by dimension. An attribute-based dimensionality-abated Artificial Neural Network (ANN) classifier to solve high dimensional cases in IDS has been investigated by (Manzoor, I. et al., 2017). Firstly, their approach suggests ranking of the received attribute correlation and information gain. Then, it merges them to calculate the information degree of the feature and selects to retain the attributes that have greater effect on data classification. Finally, their system employs an ANN classifier for the data classification. Their approach not only removes irrelevant and redundant data using pre-processing, but also enhances resource utilization and abates time complexity. However, for ID with a huge amount of data, the time complication of conventional neural network algorithms is too high to be fitting for IoT.

Aburomman, A. A., & Reaz, M. B. I., presented a weighted one against rest SVM (WOAR-SVM) classifier method and comparing various SVM-based classifier paradigms. Their approach uses a set of weights to compensate a single binary classifier, and every binary classifier has its own unique set of classification parameters. Lastly, two classifiers are implemented to classify and estimate a multiple class classifier. Their experimental results indicated that the new method has outstanding performance in overall

accuracy of the multi class data. Zhang, M. et al., suggested a new technique based on probabilistic neural network (PNN) for intrusion detection. The technique only needs a feedforward process and does not need backpropagation. The training time is well shortened when compared with Naive Bayes and the back propagation (BP) neural network. An event processing-based IDS to resolve the problem of real time of IDS in IoT proposed by Jun, C., & Chi, C., (2014). They designed the IDS structure on the basis of Event Processing Model (EPM). The method is rule-based IDS in which rules are kept in rule pattern repository and takes SQL and EPL of Epsr as a reference. The result obtained from this method showed more consumption of CPU resources, less memory consumption and took less processing time than conventional IDS.

Alsadhan, A., & Khan, N. presented an optimized IDS based on soft computing approach. The main goal of this security mechanism is to improve the performance of the system and identify each event in a robust way. They implemented soft computing approaches such as LDA, PCA, LBP, Greedy Search, PSO, MLP and SVM. Their results showed that the number of features reduced and the detection rates improved. Singh, D. et al., suggested a new IDS by combining three phases: feature selection, trust calculation, and classification decision. Their approach comprehensively analyses the security of the nodes. So, it increases the network's intrusion detection accuracy. However, its comprehensiveness makes the computing resources high. Cervantes, C. et al., presented a novel IDS to mitigate sinkhole attacks for IoT named as INTI. The new IDS is implemented in Cooja simulator. Their technique defines four modules. The first module is Cluster configuration module which is responsible for classifying a node like members, leaders and associated according to their network functions. The second one is intruder detection module which mitigates the sinkhole attacking node. The third is observing of routing module in which observer node monitors the number of transmissions is occurred. The fourth one is the isolation of intruder module which isolates the harmful node from the cluster and it also raised an alarm to notify its neighbouring nodes. The simulation result showed that detection rate of 92%. The technique mitigates sink hole intrusions, so this work can be improved by detection other types of intrusions.

Yulong Fu et al., developed an automata-based IDS. It is a uniform of IDS for the greatly diverse structure IoT networks based on an automata paradigm. Their mechanism can mitigate, analyze and report the possible intrusions in IoT. They divided the detection steps into three: jam-attack, false-attack, and reply-attack automatically. Sedjelmaci, H. et al., presented a lightweight anomaly prevention method using game theory for IoT intrusion detection. Their method was hybrid of signature and anomaly intrusion detection. It achieves by creating the game model of attacker and normal user. The simulation results showed that anomaly detection method requires a low energy usage to mitigate the intrusions with high detection and low false positive rates. Hodo, E. et al., developed a novel Artificial Neural Network (ANN) based IDS. A multi-level perceptron which is a type of supervised ANN, is trained employing internet packet traces and was assessed on its ability to mitigate DoS/DDoS intrusions on IoT tools. The detection method was based on classifying patterns into normal and threat. It was able to identify successfully various types of intrusions. The experimental results indicated accuracy of 99.4% and it can successfully prevent various DDoS/DoS attacks. Susilo, B., & Sari, R. F., (2020) discussed several machine learning and deep learning techniques, as well as datasets for enhancing the IoT security performance. They developed a method for mitigating denial-of-service (DoS/DDoS) intrusions using a deep learning mechanism. They found that a deep learning technique could improve the accuracy so that the mitigation of attacks that occur on an IoT network is as effective as possible.

2.2. Naive Bayes

Naive Bayes classifier algorithm is a derived from Bayesian probability theorem, that mainly works on independence attributes, each feature has its own probability without effecting others features. Moreover, the result of naïve classifier is mostly achieving an optimum result compare to some supervised algorithms. Naïve Bayesian is a model which is used to calculate the probabilities of two events which are I and M events. The method involves maximum probability principle, another word is the classifier assumptions the feature of the class which be affiliated to superior and larges probability, the formula is defined as this. Suppose I and M are random events

$$P(I | M) = \frac{P(M | I) P(I)}{P(M)} \quad (1)$$

Where $P(I)$ is an independent probability of I , $P(M)$ is an independent probability of M , $P(M | I)$ is the likelihood probability of event M when event I given, $P(I)$ and $P(M)$ equivalent to prior probability, $P(I | M)$ equivalent to posterior probability.

2.3. Grey Wolf Optimizer

In 2014, Grey wolf optimizer algorithm (GWO) was developed by Mirjalili et al. It is bio-inspired of the hunting behaviors and social leadership of grey wolves in nature. The GWO swarm split into four groups: alpha(α), beta(β), delta(δ), and omega(ω). The fittest wolves are alpha, beta and delta and they lead other wolves to the search space. The mathematical equations of encircling, search and attacking prey modelled as follow:

1. Encircling the prey

Equations (2) and (3) are defined to shape the encircling formula of the swarms around the prey.

$$D = |C \cdot X_p(t) - X(t)| \quad (2)$$

$$X(t + 1) = X_p(t) - A \cdot D \quad (3)$$

Where X is the wolf location, and t is the number of loops. X_p is prey location and D is computed from equation (2). A and C are coefficients computed based on equations (4) and (5) respectively.

$$A = 2a \cdot r_1 - a \quad (4)$$

$$C = 2r_2 \quad (5)$$

r_1 and r_2 are random vectors between 0 and 1 employed to reveal optimal solution (for finding hunting prey).

2. Hunting stage

The hunting performed by whole swarm by using information coming from the α , β and δ which are required to know the prey position, as stated in the below equation.

$$X(t + 1) = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} \quad (6)$$

The values of X_1 , X_2 , and X_3 is evaluated as in equations (7), (8) and (9) respectively.

$$X_1 = X_\alpha - A_1 \cdot (D_\alpha) \quad (7)$$

$$X_2 = X_\beta - A_2 \cdot (D_\beta) \quad (8)$$

$$X_3 = X_\delta - A_3 \cdot (D_\delta) \quad (9)$$

The best three solutions in the population are X_1 , X_2 , and X_3 at iteration t . The equation of A and C are mentioned above. D_1 , D_2 , and D_3 are calculated in equations (10), (11), and (12) accordingly. All other wolves adapt their locations using the locations of α , β and δ .

$$D_\alpha = |C_1 \cdot X_\alpha - X| \quad (10)$$

$$D_\beta = |C_2 \cdot X_\beta - X| \quad (11)$$

$$D_\delta = |C_3 \cdot X_\delta - X| \quad (12)$$

3. Attacking prey stage

The linearly decreased parameter a is from 2 to 0 through the number of loops. The formula of a is as below.

$$a = 2 - t(2/NLoops) \quad (13)$$

Where t is the loop number, and $NLoops$ is total number of the loops. Parameter a is utilized to control the trade-off between exploitation and exploration of the packs. Half of the wolves are assigned to exploration while the other used for half exploitation. So, GWO can transit smoothly between exploitation and exploration. A in the equation (4) is random value in the range of $[-a, a]$. When a decrease the A also decrease. When A is in $[-1, 1]$, the next location of search swarm can be any location between current location and prey location (i.e. exploitation occurs when $A < 1$ and $C < 1$).

4. Search stage

Optimum search in GWO depends on the positions of the α , β and δ . The wolves diverge from each other when they search for prey and converge again to attack once they discover a better prey. Furthermore, when random value of A is less than -1 or greater than 1 ($A < -1$ or $A > 1$), search swarm diverges to prey as shown in Fig. 1. In other words, exploration occurs when ($A < -1$ or $A > 1$). Another important parameter of GWO is C in equation (5) which is between 0 and 2 assists the wolves during the exploration process at ($C > 1$). C impacts the distance in equation (2). So, this expresses that GWO to output more random behavior throughout the favoring exploration and local optima evasion. The GWO algorithm implementation as in below (Mirjalili, S. et al.):

- Initialize a swarm of wolves randomly based on the upper bound and lower bound
- Compute the corresponding objective value for each wolf
- Select the first best 3 wolves and store as α , β , and δ
- Update the location of the left of the swarm (ω) using equations (6) to (12)
- Update parameters a , A , and C

- If the criterion is not achieved then return to step 2
- Return the location of α as the best estimated optimum

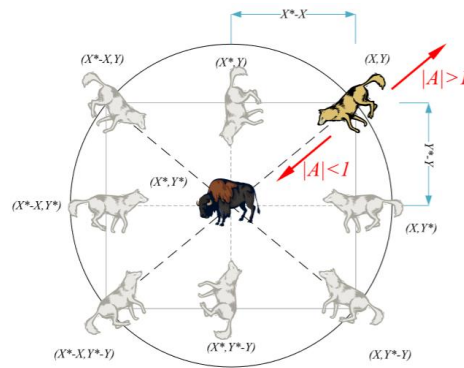


Fig. 1. Position updating technique of search packs and impacts of A on it

The binary version equations of grey wolf as follow (Emary, E. et al., 2016):

$$x_1^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_\alpha^d + bstep_\alpha^d) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

where x_α^d is the position of alpha, d is the dimension of search space, and $bstep_\alpha^d$ represents the binary step that can be expressed as

$$bstep_\alpha^d = \begin{cases} 1 & \text{if } cstep_\alpha^d \geq rand \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

where $rand$ is a random vector in $[0, 1]$, and $cstep_\alpha^d$ denotes the continuous valued step size that can be calculated as in equation (16).

$$cstep_\alpha^d = \frac{1}{1 + e^{-10(A_1^d D_\alpha^d - 0.5)}} \quad (16)$$

where A_1^d and D_α^d are determined by applying Eq.15 and Eq.22

$$x_2^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_\beta^d + bstep_\beta^d) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (17)$$

where x_β^d is the position of alpha, d is the dimension of search space, and $bstep_\beta^d$ represents the binary step that can be expressed as

$$bstep_\beta^d = \begin{cases} 1 & \text{if } cstep_\beta^d \geq rand \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (18)$$

where $rand$ is a random vector in $[0, 1]$, and $cstep_\beta^d$ denotes the continuous valued step size that can be calculated as in equation (19).

$$cstep_\beta^d = \frac{1}{1 + e^{-10(A_1^d D_\beta^d - 0.5)}} \quad (19)$$

where A_1^d and D_β^d are determined by applying Equations (15) and (22)

$$x_3^d = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_\delta^d + bstep_\delta^d) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (20)$$

where x_δ^d is the position of alpha, d is the dimension of search space, and $bstep_\delta^d$ represents the binary step that can be expressed as

$$bstep_\delta^d = \begin{cases} 1 & \text{if } cstep_\delta^d \geq rand \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (21)$$

where $rand$ is a random vector in $[0, 1]$, and $cstep_\delta^d$ denotes the continuous valued step size that can be calculated as in equation (22).

$$cstep_8^d = \frac{1}{1 + e^{-10(A_1^d D_8^d - 0.5)}} \quad (22)$$

where A_1^d and D_8^d are determined by applying equations (15) and (22)

In this paper we will use the second model of binary grey wolf optimizer. BGWO2 updates the locations of the swarm by converting the location into a binary vector, as shown in equation (23).

$$X_d^{t+1} = \begin{cases} 1 & \text{if } S\left(\frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}\right) \geq rand \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (23)$$

where $rand$ is a random number in $[0, 1]$, X_d^{t+1} is updated binary location in the dimension of search space d at iteration t , and S is the sigmoid function, and it can be computed as

$$S(x) = \frac{1}{1 + e^{-10(x - 0.5)}} \quad (24)$$

$$Fitness = alpha * P + beta \frac{N-L}{N} \quad (25)$$

where P is the classification accuracy, L is the length of selected attribute subset, N is the total number of attributes in the data. $alpha$ is the weight of classification accuracy and $beta$ is the quality of attribute selection. $alpha \in [0, 1]$ and $beta = 1 - alpha$.

2.4. Binary Grey Wolf for Feature Selection

Feature selection is a process and an efficient way of selecting a subset of relevant attributes for use in model construction. It's a useful method that literally improves the quality and performance of the dataset for better classifying the data using classification algorithms. It mutes out the attributes which are not relevant in addition to the existing attributes. Feature selection has three methods; filter, wrapper and embedded methods. In this article, we will use wrapper algorithm as attribute selection.

Wrapper methods consider the choice of a set of attributes as a search problem, where different combinations of attributes are prepared, assessed and compared to others. A classification algorithm used to evaluate a combination of attributes and assign a score using the algorithm accuracy. The main specification of wrapper method is the employment of the classifier as guide of feature selection function. Wrapper-based feature selection can be classified using the following three mains; classification method, evaluation criteria and search method. BGWO will be employed as search method which can search the attribute space maximizing the attribute evaluation criteria in equation 25 and NB will be employed as classifier method. Fig.2 illustrates that the solutions represented in binary format 0 or 1. The unselected feature denotes 0, while the selected feature represents 0. For instance, given a solution $D = \{0,0,1,0,1,1,0, 0\}$ this shows that the third, fifth, sixth and seventh attributes are selected.

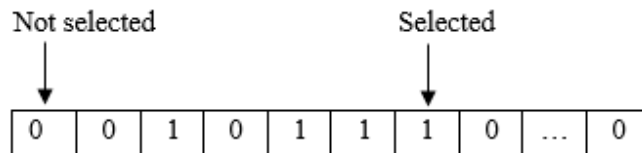


Fig. 2. Feature selection flag vector

Fig. 3 explains the flowchart of BGWO-NB for attribute selection. The initial populations are randomized and evolved in the process of fitness evaluation iteratively. In this paper, the classification accuracy obtained by the Naïve bayes classifier is employed as the fitness function. In the evaluation, if the solutions have the same fitness values, then the solution with the smaller number of attributes will be selected. At the end of the loop, the alpha wolf is selected as the global best solution (optimal feature subset).

3. Results and Discussion

In 2018, Koroniotis, N., et. al. designed a new dataset for detecting IoT networks. The data is called BoT-IoT dataset. It contains 46 features including the class. The class has one normal and four intrusions (DoS, DDoS, OS and Service Scan, keylogging and data exfiltration). The data contains 1048576 instants for training and 733706 instants for testing. In the experiment, the algorithms are executed on a computer with a 2.50 GHZ, 8 GB of RAM, Intel(R) Core i5 processor and Matlab2018 program. BoT-IoT dataset were used as intrusion detection dataset. We compared the result of BGWO-NB with Naïve Bayes (NB), Binary Particle Swarm Optimization with NB (BSO-NB), Binary Fruit fly Optimization Algorithm with NB(BFFOA) and Binary Gravitational Search Algorithm with NB (GSA-NB). The population size of optimization algorithms and maximum iteration were 100 and 150 respectively. Equation (25) is fitness function of the hybrid method. The algorithms executed 10 times each and overall results shown in Table 1.

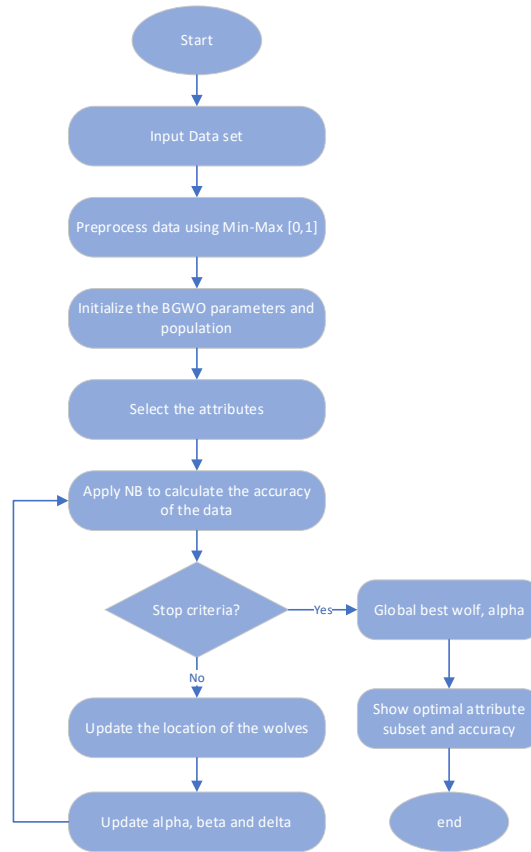


Fig. 3. BGWO-NB flowchart

Table 1. BoT-IoT Experimental Results

Methods	Accuracy (%)
NB	90.60 %
BPSO-NB	98.87 %
BFFOA-NB	96.40 %
BGSA-NB	91.00 %
BGWO-NB	99.15 %

We observed that the original NB algorithm is very fast compared with other hybrid methods. BGWO-NB algorithm achieved the highest accuracy 99.15 % followed by BPSO-NB, BFFOA-NB, GSA-NB and NB with accuracy of 98.87 %, 96.40 %, 91.00 % and 90.60 respectively. Furthermore, BGWO-NB approach is capable to use for intrusion detection in IoT devices.

4. Conclusions and Recommendations

With the rapid growth and widespread use of the internet, there has been a significant increment in threats to the security of information systems and an expansion in types of intrusions. So, the need to develop new methods and mechanisms arose due to the intrusions and threats. The Internet of Things faces many threats and attacks every day. In this paper, Naïve bayes and binary grey wolf optimizer have been used to improve the IoT security. The experimental results have shown that the hybrid of BGWO-NB is capable to mitigate and detect attacks over the IoT devices. It is observed that the BoT-IoT dataset is fruitful to use for the detection of denial of serves attacks.

References

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.

Olasupo, T. O. (2019). Wireless communication modeling for the deployment of tiny IoT devices in rocky and mountainous environments. *IEEE Sensors Letters*, 3(7), 1-4.

Roy, S. K., Misra, S., & Raghuwanshi, N. S. (2019). SensPnP: Seamless integration of heterogeneous sensors with IoT devices. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 65(2), 205-214.

Yang, Y., Zheng, X., Guo, W., Liu, X., & Chang, V. (2019). Privacy-preserving smart IoT-based healthcare big data storage and self-adaptive access control system. *Information Sciences*, 479, 567-592.

- Meneghello, F., Calore, M., Zucchetto, D., Polese, M., & Zanella, A. (2019). IoT: Internet of Threats? A survey of practical security vulnerabilities in real IoT devices. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), 8182-8201.
- Evans, D. (2011). The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything. *CISCO white paper*, 1(2011), 1-11.
- Greenberg, A. (2016). The Jeep hackers are back to prove car hacking can get much worse. *Wired Magazine*, 8.
- Raywood, D. (2016). Defcon: Thermostat control hacked to host ransomware.
- Kolias, C., Kambourakis, G., Stavrou, A., & Voas, J. (2017). DDoS in the IoT: Mirai and other botnets. *Computer*, 50(7), 80-84.
- Wang, C. X., Haider, F., Gao, X., You, X. H., Yang, Y., Yuan, D., ... & Hepsaydir, E. (2014). Cellular architecture and key technologies for 5G wireless communication networks. *IEEE communications magazine*, 52(2), 122-130.
- Anand, A., & Patel, B. (2012). An overview on intrusion detection system and types of attacks it can detect considering different protocols. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2(8), 94-98.
- NUR, I. M., & ÜLKER, E. A hybrid cloud-based Intrusion Detection and Response System (IDRS) based on Grey Wolf Optimizer (GWO) and Neural Network (NN).
- Thanigaivelan, N. K., Nigussie, E., Kanth, R. K., Virtanen, S., & Isoaho, J. (2016, January). Distributed internal anomaly detection system for Internet-of-Things. In *2016 13th IEEE annual consumer communications & networking conference (CCNC)* (pp. 319-320). IEEE.
- Raza, S., Wallgren, L., & Voigt, T. (2013). SVELTE: Real-time intrusion detection in the Internet of Things. *Ad hoc networks*, 11(8), 2661-2674.
- Manzoor, I., & Kumar, N. (2017). A feature reduced intrusion detection system using ANN classifier. *Expert Systems with Applications*, 88, 249-257.
- Abuomman, A. A., & Reaz, M. B. I. (2017). A novel weighted support vector machines multiclass classifier based on differential evolution for intrusion detection systems. *Information Sciences*, 414, 225-246.
- Alsadhan, A., & Khan, N. (2013). A proposed optimized and efficient intrusion detection system for wireless sensor network. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 7(12), 1621-1624.
- Singh, D., & Bedi, S. S. (2016). Multiclass ELM based smart trustworthy IDS for MANETs. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(8), 3127-3137.
- Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Skin Lesion Segmentation with Improved Convolutional Neural Network. *Journal of digital imaging*.
- Fu, Y., Yan, Z., Cao, J., Koné, O., & Cao, X. (2017). An automata based intrusion detection method for internet of things. *Mobile Information Systems*, 2017.
- Hodo, E., Bellekens, X., Hamilton, A., Dubouilh, P. L., Iorkyase, E., Tachtatzis, C., & Atkinson, R. (2016, May). Threat analysis of IoT networks using artificial neural network intrusion detection system. In *2016 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Susilo, B., & Sari, R. F. (2020). Intrusion Detection in IoT Networks Using Deep Learning Algorithm. *Information*, 11(5), 279.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in engineering software*, 69, 46-61.
- Mirjalili, S. (2015). How effective is the Grey Wolf optimizer in training multi-layer perceptrons. *Applied Intelligence*, 43(1), 150-161.
- Emary, E., Zawbaa, H. M., & Hassanien, A. E. (2016). Binary grey wolf optimization approaches for feature selection. *Neurocomputing*, 172, 371-381.
- Koroniotis, N., Moustafa, N., Sitnikova, E., & Turnbull, B. (2019). Towards the development of realistic botnet dataset in the internet of things for network forensic analytics: Bot-iot dataset. *Future Generation Computer Systems*, 100, 779-796.
- Jun, C., & Chi, C. (2014, January). Design of complex event-processing IDS in internet of things. In *2014 sixth international conference on measuring technology and mechatronics automation* (pp. 226-229). IEEE.
- Benabdessalem, R., Hamdi, M., & Kim, T. H. (2014, December). A survey on security models, techniques, and tools for the internet of things. In *2014 7th International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications* (pp. 44-48). IEEE.
- Cervantes, C., Poplade, D., Nogueira, M., & Santos, A. (2015, May). Detection of sinkhole attacks for supporting secure routing on 6LoWPAN for Internet of Things. In *2015 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM)* (pp. 606-611). IEEE.
- Zhang, M., Guo, J., Xu, B., & Gong, J. (2015, August). Detecting network intrusion using probabilistic neural network. In *2015 11th International Conference on Natural Computation (ICNC)* (pp. 1151-1158). IEEE.
- Summerville, D. H., Zach, K. M., & Chen, Y. (2015, December). Ultra-lightweight deep packet anomaly detection for Internet of Things devices. In *2015 IEEE 34th international performance computing and communications conference (IPCCC)* (pp. 1-8). IEEE.
- Sedjelmaci, H., Senouci, S. M., & Al-Bahri, M. (2016, May). A lightweight anomaly detection technique for low-resource IoT devices: A game-theoretic methodology. In *2016 IEEE international conference on communications (ICC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Arrington, B., Barnett, L., Rufus, R., & Esterline, A. (2016, August). Behavioral modeling intrusion detection system (BMIDS) using internet of things (IoT) behavior-based anomaly detection via immunity-inspired algorithms. In *2016 25th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)* (pp. 1-6). IEEE.
- Yuan, X., Li, C., & Li, X. (2017, May). DeepDefense: identifying DDoS attack via deep learning. In *2017 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)* (pp. 1-8). IEEE.



Elektrik Tesislerinde Gerilim Kararlılığının Sağlanması için Kullanılan Yöntemler

Tuğçe Yeşilyurt¹, Bahadır Akbal²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5581-8753)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7319-1966)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804207)

ATIF/REFERENCE: Yeşilyurt, T., & Akbal, B. (2020). Elektrik Tesislerinde Gerilim Kararlılığının Sağlanması için Kullanılan Yöntemler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 287-292.

Öz

Güç sistemlerinin büyümesi, hatlardaki sıkışıklığın artması nedeniyle güç sistemlerinde kararlılık kritik bir konudur. Kararlılık sorunu genellikle talep edilen reaktif gücün karşılanamamasından ve yükteki artışlardan meydana gelmektedir. Yeni hat kurulum maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle varolan hatların maksimum kapasitede çalıştırılıyor olması da gerilim kararsızlığına sebep olmaktadır. Gerilim kararlılığında bara gerilimlerinin belirlenen güvenli sınır değerlerde kalması esastır. Gerilim değerleri bu sınırlar aralığında kalmadığı takdirde hem tüketici tarafında hem de şebeke tarafında sorunlara yol açmaktadır. Şebekeden gereğinden fazla reaktif güç çekilmesi hatlarda sıkışıklığa neden olmaktadır. Bu nedenle reaktif güç, gücün tüketileceği yere yakın bir yerden sağlanırsa hem iletim hatlarının gereksiz yüklenmesinin önüne geçilmiş olur hem de kayıplar azaltılmış olur. Ayrıca dağıtım trafoları daha fazla yükü besleyebilir. Sisteme reaktif güç desteği sağlayabilmek ve sistemi kararlı hale getirebilmek için literatürde çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Kompanzasyon sistemleri, trafo kademe değiştiricileri, yük atma, FACTS cihazları bunlardan bazılarıdır. Bu çalışma literatürdeki çalışmaların incelemesini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gerilim kararlılığı, Kompanzasyon, Reaktif güç talebi

Methods Used to Ensure Voltage Stability in Power Systems

Abstract

Stability in power systems is a critical issue due to the growth of power systems and increased congestion in lines. The stability problem usually arises from the inability to meet the demanded reactive power and increases in load. Due to the high cost of new line establishment, the fact that existing lines are operated at maximum capacity also causes voltage instability. In voltage stability, it is essential that the busbar voltages remain at the determined safe limit values. If the voltage values are not within these limits, it causes problems on both the consumer and the grid side. Excessive withdrawal of reactive power from the network causes congestion in the lines. Therefore, if reactive power is supplied from a location close to where the power will be consumed, unnecessary loading of the transmission lines is prevented and losses are reduced. In addition, distribution transformers can feed more loads. Various methods have been used in the literature in order to provide reactive power support to the system and to stabilize the system. Compensation systems, transformer tap changers, load shedding, FACTS devices are some of them. This study includes a review of the studies in the literature.

Keywords: Voltage stability, Compensation, Reactive power demand

1. Giriş

Elektrik enerjisine artan talep ve şebekelerdeki büyümenin sonucu olarak güç dengesinin korunması, sistemin işletim şartlarında çalıştırılabilir olması gerekmektedir. Güç sistemlerinde kararlılık; rotor açısı kararlılığı, frekans kararlılığı ve gerilim kararlılığından oluşmaktadır.

Enterkonnekte sistemlerde rotor açısı kararlılığı, senkron makinelerin bir bozulmaya maruz kaldıktan sonra senkronizmada kalabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Eğer sistemde bir bozulma olmuşsa rotor ya hızlanacak ya da yavaşlayacaktır. Generatörlerden biri diğerine göre geçici bir şekilde hızlanırsa açı olarak diğerlerinin önüne geçer. Bu farktan dolayı yükün bir kısmı yavaş olandan hızlı olana doğru transfer olur. Böylece hızlar arası fark dolayısıyla açı farkı da azalır. Buradaki güç açısı ilişkisi lineer olmayan bir olaydır. Bu rotor hız değişimlerinden dolayı oluşan gücü veya kinetik enerjiyi absorbe edemezse kararsızlık oluşur. (Salih Tosun, 2011)

Frekans kararlılığı büyük sistem bozulması nedeniyle üretim ve yük arasında önemli bir dengesizlik bulunduğu güç sisteminin sabit bir frekansta kalabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Frekans kararlılığında meydana gelen problemler üretim üniteleri ve yüklerdeki değişimlerden kaynaklanabileceği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonundan da kaynaklanabilir.

Gerilim kararlılığı ise bir bozucu etki sonrası sistemin normal işletim şartlarında ya da kabul edilebilir sınırlar içerisinde çalışmasını gerektirir. Sistemde gerilim kararsızlığı oluşmasındaki en büyük etken talep edilen reaktif gücün karşılanamamasıdır. Yüklerin reaktif güç talebinin artması durumunda baralarda gerilim düşmeleri meydana gelir. Bu gerilim düşmelerini dengelemek için beslemeden daha fazla akım çekilir. Bu durum ise hatların daha fazla reaktif güç tüketmesine ve yine gerilim düşmelerine ve sistemde gerilim kararsızlıklarına neden olur. Uzun süre devam eden gerilim düşmeleri sonucu gerilim çökmeleri meydana gelir. Üretim merkezlerinin tüketim merkezlerine olan uzaklığı, düşük gerilim durumlarındaki kademe değiştirme, generatör arızaları, hat kesintileri, uygun olmayan yük karakteristikleri, çeşitli kontrol ve koruma sistemleri arasındaki koordinasyon eksikliği durumları da gerilim düşmelerine neden olan etmenlerdir. Tüm bunların önüne geçebilmek, güç sistemlerinin kesintisiz, kaliteli, güvenilir ve sağlıklı çalışmasını sağlayabilmek için kararlılık çalışmaları kaçınılmaz hale gelmiştir.

Gerilim kararsızlığını önlemek ve sisteme reaktif güç desteğinin sağlanması için sistem ihtiyaçlarını karşılayacak boyutta kompanzasyon sistemleri, gerilim kontrolü gerçekleştirmek için trafo kademe değiştiricileri, generatörlerin çıkış gerilimlerini kontrol etmek için AVR'ler, aşırı yüklenmeler sonrasında koruma sistemlerinin devreye girerek hatların trip etmemesi için koruma ve kontrol sistemlerinin koordinasyonu, beklenmedik herhangi bir olay durumunda UVLS (düşük-gerilim yük atma) ile yük atma ve FACTS cihazları ile sağlanmıştır (Ahmet OVA, 2017).

(T. Yalçınöz H. Altun ve H. Karadal, 2004) güç sistemlerinde gerilim kararlılığı ve gerilim çökmelerinin MLP (Multi Layer Perceptron) tipi yapay sinir ağları kullanılarak incelenmesi yapılmıştır. Sistemde generatörlerin ürettiği aktif ve reaktif güç değerleri ile generatör çıkış gerilimleri yapay sinir ağı için giriş verileri olarak alınmıştır. Tek saklı katmanlı ve iki saklı katmanlı yapay sinir ağı topolojisi ile yapılan kararlılık analizi sonuçları ve MATLAB yük akışı simülasyonundan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağları ile yapılan kararlılık analizinin gerçeğe yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. İki saklı katman topolojisindeki hata oranı daha azdır.

(Memarzadeh & Esmaceli, 2018) Genetik Algoritma (GA) yerine Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) kullanılmıştır. Çok Amaçlı Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (MOPSO) algoritması ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları, NSGA-II algoritmasının diğer algoritmadan daha iyi performans verdiğini göstermektedir. Dağıtım şebekesinin koşullarını iyileştirmek için gerilim ve reaktif güç kontrolü ve dağıtım şebekesinin yeniden yapılandırılması kullanılmıştır. Sistemin gerçek güç kayıplarının ve bara gerilimlerindeki sapmaların minimuma indirgenmesi, gerilim kararlılık indeksinin maksimize edilmesi hedeflenmiştir. Simülasyonlarla elde edilen sonuçlar, ağın yeniden bağlanması ve volt / var kontrolünün enerji kayıplarını azaltabileceğini ve voltaj kararlılığını artırdığını göstermiştir.

(Tuttokmağı & Kaygusuz, 2019)'da yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı dağıtık üretim birimlerinin güç sistem kararlılığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu test sistemine çeşitli arıza senaryoları uygulanarak sistemin kararlılığı değerlendirilmiştir. İletim hattı kaybını temsil eden üç fazlı bir arıza tanımlandığında mevcut sistem kararsızlığa geçerken dağıtık üretimli sistem bir süre salınımdan sonra dengeye ulaşmıştır. Rüzgar üretim biriminin atalet sabitinde küçük artışlar meydana getirildiğinde kritik temizlenme süresinde ciddi değişiklikler olmuştur. Arıza temizlenme süresi yükseltildiğinde jeneratörlerin devre dışı kalmasına bağlı olarak kararsız hale geçmekte, bu durum güç sistemini çökertmektedir. Dağıtık üretim kaybını temsil eden bir arıza meydana getirildiğinde ise küçük güçte bile olsa enerji kaybının sistemi çökmeye kadar götürebileceği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda dağıtık üretimin konumu, gücü, içerdiği teknoloji ve atalet sabitine göre dağıtık enerji üretiminin güç sisteminde hem pozitif hem negatif etkisi olduğu gösterilmektedir.

(Gökçek & Ateş, 2019)'da farklı tipteki DG birimleri (Senkron generatörler, çift beslemeli asenkron generatörler, fotovoltaikler ve yacıt hücreleri) IEEE 13 baralı test sistemine entegre edilmiştir. DG birimleri bağlandıktan sonra sistemin gerilim profilinin analizi, kısa devre analizi ve sistem kayıpları analizi yapılmıştır. DG ünitelerin sisteme kontrol modunda bağlanmasıyla bara gerilimlerini aynı oranda artırdığı görülmüştür. Kısa devre katkısı analizinde ise FV'lerin sistemin kısa devre akımına katkısının oldukça az olduğu, çift beslemeli asenkron generatör ve senkron generatörün ise FV'ye göre kısa devre katkılarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kayıp analizinde yapılan ilk senaryoda DG'lerin entegre edildiği barada tüketici bulunmaması olumsuz sonuçlara neden olmuştur. Ancak gerçekleştirilen ek senaryo ile aktif ve reaktif güç kayıplarının azaldığı görülmüştür. Yapılan analiz sonucunda sistemin en uzak noktasında yapılan DG entegrasyonunun en verimli sonuçlar verdiği görülmüştür.

(Yang et al., 2013)'te dağıtık rüzgar enerjisi üretiminin gerilim kararlılığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Rüzgar jeneratörlerinin reaktif kompanzasyon, kapasite ve konumun dağıtım sisteminin voltaj kararlılığı üzerindeki etkisi VSI'ye (gerilim kararlılık indeksi) göre araştırılmışlardır. Yaptıkları analizler sonucunda dağıtık rüzgar enerjisi üretiminin güç sisteminin gerilimini destekleyebileceği görülmüştür.

(Baysal et al., 2007)'de elektrik güç sistemlerinde bulunan yüklerin modellenmesindeki farklılıkların gerilim kararlılık analizi üzerindeki etkisi P -V eğrileri incelenerek analiz edilmiştir. Oluşturulan test sisteminde yükler için sabit empedans-akım-güç (ZIP) modeli, bileşen tabanlı modelleme, ölçüme dayalı modelleme ve polinomsal yaklaşım kullanılmıştır. Çalışmada yük karakteristiklerinin doğru şekilde modellenmesinin güç sisteminin gerilim kararlılığı açısından önemi gözlenmiştir.

Görüldüğü üzere güç sistemlerinde gerilim kararlılığını etkileyen pek çok faktör vardır. Çalışmanın devamında gerilim kararlılığı analizleri ve gerilim kararsızlığı oluşmaması için kullanılan yöntemler incelenmiştir.

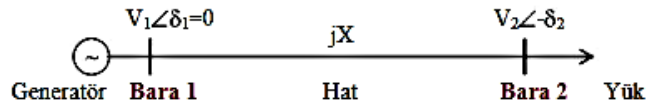
2. Materyal ve Metot

Gerilim kararlılığı dinamik bir olay olmasına rağmen birçok uygulamada statik analizler kullanılmaktadır. Tablo 1.'de gerilim kararlılığı incelemelerinde kullanılan statik yöntemlere yer verilmiştir (Salih Tosun, 2011).

Tablo 1. Gerilim kararlılığı analizinde kullanılan statik yöntemler

Kullanılan Yöntem	Amaç
Yük akışı analizi	Yük akışı sonucunda tüm baraların gerilim genlik ve açı değerleri,iletim hatları üzerinde akan aktif ve reaktif güçleri, hatlar üzerindeki kayıpları belirlemek mümkündür.
P-V Eğrileri Q-V Eğrileri	Güç sistemlerinde gerilim çökme noktalarının belirlenmesinde, Gerilim çökme noktasından önce baralar arasında iletilen maksimum gücün hesaplanmasında, Baralarda gerilim çökmesini engellemek için gerekli olan reaktif güç kompanzasyon sistemlerinin boyutunun belirlenmesinde, Generatörlerin, yüklerin ve reaktif güç kompanzasyon sistemlerinin güç sistemi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır.
Sürekli yük akışı analizi	Belirli işletme noktalarının belirlenmesi ile gerçekleştirilir. Bu işletme noktalarının oluşturduğu dizi, sürekli yük akışında çözümü oluşturur. Burada çözüm, esas işletme durumundan başlar, sistemin çöküş noktası olan kritik işletme noktalarından geçerek düşük gerilim bölgesine ulaşır. Yük akışı tekniğinin arkasındaki temel prensip, tahmin düzeltme basamağı üzerine kurulmuştur.
L İndisi	Gerilim kararsızlık sınırına olan yakınlık ve sistemin gerilim kararlılığı hakkında genel bilgi vermektedir
Çatallaşma analizi	Yük artışı meydana geldiğinde sistemin denge noktalarının çatallaşması ile kararlılığın kaybolması incelenir.
Bara indirgeme analizi	Sistemin herhangi bir yük durumu için, generatörlerin reaktif güç sınırları da göz önüne alınır, ayrıntı yük akışı yapılarak tüm baraların gerilim ve güç değerleri belirlenir.

Enerji santrallerinin tüketim merkezlerine olan uzaklığı üretilen enerjinin uzun iletim hatları ile taşınmasına neden olmaktadır. Bu durum ise güç sistemleri için gerilim kararsızlığı oluşturan bir problemdir. Bu problem enerji iletim hattının maksimum yüklenebilir kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Bara 1'den bara 2'ye aktarılan max güç $P_{12}max$, aktif güç P_{12} , reaktif güç Q_{12} , görünür güç S_{12} 'dir.



Şekil 1. 2 baralı test sistemi

δ yük açısı olmak üzere, (1-4)'te gerekli güç formülleri verilmiştir.

$$P_{12}max = \frac{V_1 V_2}{X} \quad (\delta = 90^\circ \text{ iken}). \quad (1)$$

$$P_{12} = \frac{V_1 V_2}{X} \sin\delta \quad (2)$$

$$Q_{12} = \frac{V_1^2}{X} (V_1 - V_2 \cos\delta) \quad (3)$$

$$S_{12} = V_2 \frac{V_1 - V_2}{jX} \quad (4)$$

Yük akışı sonucunda tüm baraların gerilim genlik ve açı değerleri, iletim hatları üzerinde akan aktif ve reaktif güçler, hatlar üzerindeki kayıpları belirlemek mümkündür.

2.1. Gerilim Kararsızlığını Önleme Yöntemleri

2.1.1 Geleneksel Kompanzasyon

Reaktif güç, hatlardaki kayıpların artmasına, hattın güç iletim kapasitesinin azalmasına ve gerilim dalgalanmalarına neden olarak güç kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenlerden dolayı güç sistemlerinde reaktif güç kompanzasyonu yapılmaktadır. Geleneksel kompanzasyon yaygın olarak sisteme paralel bağlı reaktif güç kondansatörleri ile yapılmaktadır. Bu kondansatörler yükün reaktif güç ihtiyacına göre kademeli olarak elektronik reaktif güç kontrol rölesi ve kontaktörler yardımıyla devreye alınır veya devreden çıkarılır. Kompanzasyon yapıldıktan sonra yüklerin ihtiyacı olan reaktif güç artık bu kondansatörlerden karşılanır. Kondansatörlerin seçimi ve yerleşimi de oldukça önemlidir. Kondansatörlerin reaktif güce ihtiyaç duyulan noktaya en yakın yerde konumlandırılmasının sistemin optimum şartlarda çalıştırılmasında katkısı büyüktür. Böylece iletim hatlarındaki gereksiz yüklenmelerin de önüne geçilmiş olur ve güç sisteminin kararlılığında, kontrol edilebilirliğinin, güç taşıma kapasitesinin ve verimliliğinin artırılmasında önemli rol oynar.

Geleneksel kompanzasyon sistemleri gerilim genliğinin, gerilimin faz açısının ve hat empedansının kontrolüne ilişkin yavaş yük değişimlerinde ve sürekli halde yeterli olabilirler. Ancak kontaktörler rastgele anahtarlama yaptıklarından (şebeke gerilimini ve kondansatör üzerindeki gerilimi dikkate almaksızın) kondansatörlerin üzerinde aşırı geçiş akımları oluşabilmektedir. Hızlı değişen yük durumlarında da cevap süresi dakikalar sürebildiğinden reaktif güç sağlamada gecikme durumları yaşanabilmektedir. Geleneksel kompanzasyon yöntemlerinin bu gibi durumlarda yetersiz kalması ve çeşitli güç kalitesi problemleri meydana getirmesi nedeniyle FACTS cihazları üzerindeki çalışmalar artmıştır.

2.1.2. FACTS Cihazları

FACTS cihazları güç elektroniği tabanlı olduğundan cevap süreleri daha hızlıdır. Ani reaktif güç talebinin olduğu durumlarda tercih edilebilirdir. Mevcut hatlar üzerinde kullanılabilir olması, kontrol edilebilir olması, güç akışı kapasitesini artırması önemli avantajlarındandır.

Yapılan çalışmalar FACTS cihazlarının sistemdeki en zayıf baraya bağlanarak sistemin kararlılık sınırlarını iyileştirdiğini ve güç kaybını azalttığını göstermiştir. Bu cihazlardan en yaygın olanları:

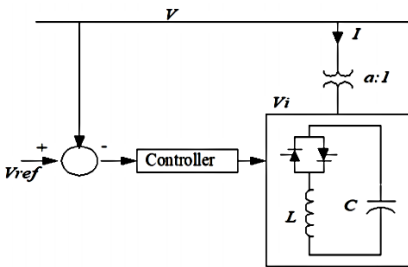
- Statik Var Kompansatör (SVC),
- Tristör Kontrollü Seri Kondansatör (TCSC),
- Statik Kompansatör (STATCOM),
- Birleşik Güç Akışı Kontrolörü (UPFC),
- Faz Kaydırmalı Transformatör (PST)
- Statik Senkron Seri Kondansatör (SSSC)'dir.

Çalışmanın devamında çeşitli FACTS cihazlarının sistem kararlılığına olan etkisi güncel makaleler incelenerek değerlendirilmiştir.

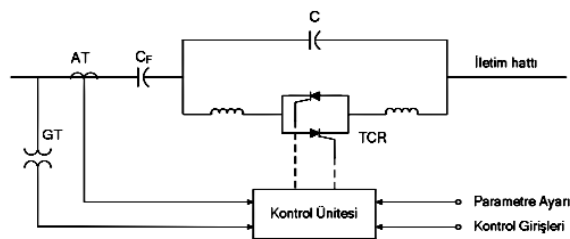
(M. Kenan Döşoğlu, Salih Tosun, Ali Öztürk, 2013)'de yazarlar faz kaydırıcı transformatörün güç sisteminin statik kararlılığına etkilerini incelemiştir. Farklı faz açılarında gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi üzerinde durulmuştur. Transformatörün faz açısı 0'dan 10 dereceye kadar 5'er 5'er artırıldığında sistemin max yüklenme değerinin arttığı; 10-30 derece arasında ise max yüklenme parametre değerinin azaldığı görülmüştür. Özellikle 25-30 derece arasında gerilim-max yüklenme değerinin çok düştüğü gözlenmiştir.

(Salih Tosun, 2018)'de yazarlar yaptıkları çalışmada güç sistemi modelinde en yoğun yük akışının olduğu baraya faz kaydırmalı transformatör (FKT) eklemiştir ve FKT'nin faz açısı -45'ten +45 derece aralığında değiştirilmiştir. Farklı kademeler için sistemin yük akışı, sürekli yük akışı ve sistemde arıza oluşturulduktan sonraki analizler gerçekleştirilmiştir. FKT'nin faz değeri değiştirildiğinde hattan akan gücün değeri ve miktarı kontrol edilebilmektedir. Analizler sonucunda FKT'nin sınır değerlerinde aktif ve reaktif kayıpların arttığı, 0 derecede ise kayıpların minimum olduğu görülmüştür.

(Bozali et al., 2018)'de yapılan çalışmada, tristör kontrollü seri kompanzator (TCSC) ve statik var kompanzator (SVC) denetleyicilerinin güç sistemi gerilim kararlılığına ve gerilim çökmelerine olan etkilerini incelenmiştir. FACTS cihazları sayesinde güç aktarımı ve gerilim kararlılığı konusunda önemli iyileştirmeler sağlanmıştır. Şekil 2'de SVC'nin, şekil 3'te TCSC'nin devre yapıları verilmiştir.



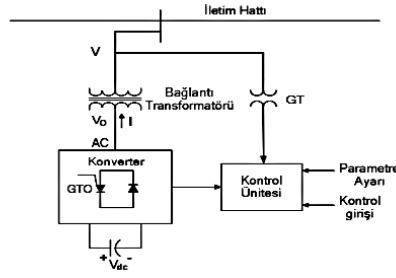
Şekil 2. SVC yapısı



Şekil 3. TCSC yapısı

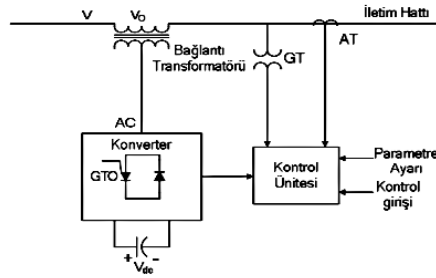
(S Tosun et al., 2011)'de yükün ani reaktif güç talebine geleneksel kompanzasyon sistemlerinin cevap süresinin yetersiz kalması sebebiyle FACTS cihazlarından olan (aynı güçteki=100MVA) SVC ve STATCOM güç sistemi modeline paralel olarak bağlanarak bir

çalışma gerçekleştirilmiştir. SVC ve STATCOM ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılacak olursa sisteme STATCOM bağlandığında kayıpların daha fazla azaldığı, max yüklenme parametresinin ise daha çok arttığı görülmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi olayına karşı sistemin güvenilirliği artmıştır. Şekil 4'te STATCOM'un devre yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4. STATCOM yapısı

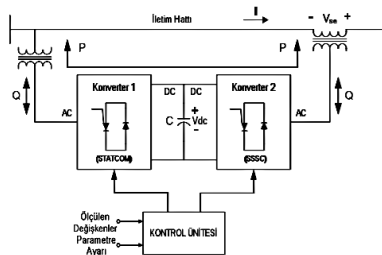
(Ingole & Gohokar, 2017)'deki çalışmada SSSC'nin gerilim kararlılığı ve reaktif güç kompanzasyonuna etkisi incelenmiştir. IEEE 4 baralı ve IEEE 9 baralı güç sistemleri kullanılarak MATLAB ile simüle edilmiştir. Statik senkron seri kompanseör (SSSC), bir kapasitör, bir dönüştürücü ve bir kuplaj transformatoründen oluşmaktadır. Çalışmada SSSC'li ve SSSC'siz modellerlere ait V, I, P, Q değerleri verilmiştir. SSSC'nin hatta seri bağlanarak hat üzerinde istenilen bir noktada voltajı kontrol edebildiği (hatta gerilim enjekte ederek) ve güç akışını sabit tuttuğu görülmüştür. Ayrıca SSSC'siz duruma göre aktif güç sönümlenme süresinin de azaldığı görülmektedir. Şekil 5'te SSSC'nin devre yapısı verilmiştir.



Şekil 5. SSSC yapısı

(Muhammed Mustafa ERTAY, 2012)'de geleneksel tristör tabanlı FACTS cihazları (TCVSC, TCSC ve TCPAR) ve konverter tabanlı FACTS cihazları (STATCOM, SSSC, UPFC ve IPFC) devre yapıları, güç sistemine etkileri ve kullanım amaçları karşılaştırılmış ve incelenmiştir. FACTS Cihazlarının yatırım maliyetleri ve kısıtları ele alınmış, dünyadan ve Türkiye'den örnekler verilmiştir. Konverter tabanlı cihazlar tristör tabanlı cihazlara göre çok daha işlevsel, daha iyi performans ve uygulama esnekliği göstermektedir. STATCOM lineer çalışma aralığından dolayı büyük sistem bozunumları altında gerilim desteği sağlamada TCSVC'den üstündür.

(Masikana et al., n.d.)'de gerilim çökme noktası göstergesi ve hat kararlılık faktörü modellenmiş ve simüle edilmiştir. Dağıtım ağında voltaj kararsızlığına yol açabilecek barayı belirlemek için çeşitli yüklenme durumları dikkate alınmıştır. UPFC bağlantısı için en zayıf baralar tercih edilmiştir. Bağlantıdan sonra baraların gerilim profilinin karşılaştırmalı analizi, gerçek ve reaktif güç kayıpları ölçülmüş ve kararlılık durumu incelenmiştir. UPFC bara voltajı büyüklüğü, iki bara arasındaki faz açısı ve aynı anda veya bağımsız olarak hat reaktansını kontrol edebilmektedir. Simülasyon için 5 senaryo düzenlenmiştir. Önce sistem normal yük altında çalıştırılmıştır. Sonrasında %10, %20, %30, %40 yük artışında UPFC'li ve UPFC'siz olarak çalıştırılmış ve gerilim profilleri ve güç kayıpları incelenmiştir. UPFC'nin bara gerilimlerini artırarak gerilim kararsızlığından kurtardığı, sistemi kararlı hale getirdiği ve kayıpları azalttığı gözlenmiştir. Şekil 6'da UPFC'nin devre yapısı gösterilmektedir.



Şekil 6. UPFC yapısı

2.1.3. Yük Atma

Yük atma gerilim kararlılığı sorunlarının giderilmesi için son basamaktır. Düşük gerilim değerine göre atılacak yükün konumu ve atılan yük miktarı önemlidir.

(Jianjun et al., 2018)'de geleneksel yük atma stratejilerinin eksiklerinden yola çıkılarak yeni bir strateji önerilmektedir. Önerilen yeni stratejide ana amaç, acil bir durumda yük atma stratejisini formüle ederken geri kazanım sisteminin frekans kararlılığını göz önünde bulundurarak gerilimin kararlılığını sağlamaktır. Bu stratejinin ana sürecinin iki ana adımı vardır. Öncelikle, bozulma durumuna göre sistemin girişim genliği belirlenir ve girişimin derecesi sınıflandırılır. Daha sonra, yük azaltma konumu ve ilgili baranın yük azaltımı, voltaj hassasiyetine göre belirlenir ve ardından sistemin kararlılığını yeniden sağlamak için aşırı yük hızla kaldırılır. Geleneksel strateji aktif ve reaktif güç kusurları olan alanlarda yük atmayı dikkate almadığı için, yükün rastgele kaldırılması nedeniyle her zaman hat aşırı yüklenmesine ve hatta voltaj dengesizliğine neden olma riski vardır.

(Joseph et al., 2020)'de yazarlar dağıtık enerji kaynaklarının reaktif güç kontrolüne yönelik çeşitli fiziksel ya da siber saldırılar sonucu oluşabilecek senaryolar üzerinde durmuşlardır. Böyle bir durumda dağıtım güç sisteminin dinamik davranışı ve gerilim kararlılığı incelenmiştir. 140 baralı test sisteminin farklı noktalarına 15 adet solar generation (DER) yerleştirilmiştir. Sistemin trafo merkezine bağlı OLTC Trafo ve sistemin farklı bölgelerinde SVR'ler vardır. DER ünitelerindeki reaktif güç kontrolüne yönelik çeşitli saldırı senaryoları 1 gün boyunca simüle edilmiştir. Q-V eğrisinin eğimi değiştirilmiş, Q-V eğrisinin voltaj ölü bandı değiştirilmesi, dağıtık enerji ünitelerinde akım sensöründe arıza olması, reaktif güç kontrol değerinin değiştirilmesi durumlarında SVR'lerin anahtarlama durumu, şebeke gerilim değeri, meydana gelen salınımlar gibi güç sisteminde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

3. Sonuç

Elektrik tesislerinde güç talebindeki artış reaktif gücün karşılanamamasına neden olabilmektedir. Gerekli olan reaktif güç karşılanamadığı takdirde bara gerilimleri istenen seviyelerde kalmayacaktır. Bu durumda gerilim kararsızlığı kaçınılmazdır. Çeşitli yöntemler ile sisteme sağlanan reaktif güç baralardaki gerilimlerin belirli sınırlar içerisinde kalmasını sağlayarak sistemi kararsızlıktan korur. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde ortak amacın kayıpları azaltmak, enerji kalitesini ve verimliliğini artırmak olduğu görülmektedir. Bu çalışmada gerilim kararlılığına neden olan durumlar açıklanmış ve gerilim kararlılığının iyileştirilmesi için kullanılan yöntemler literatür incelemesi yapılarak sunulmuştur.

Kaynakça

- Ahmet OVA. (2017). *Güç Sistemlerinde PV-QV Eğrisi Yöntemi İle Statik Gerilim Kararlılığı Analizi*.
- Baysal, M., Uzunoglu, M., & Kocatepe, C. (2007). Güç Sistem Gerilim Kararlılığında Yük Modellemelerinin Önemi. *12. ELEKTRİK-ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ULUSAL KONGRESİ*, 321–325.
- Bozali, B., Öztürk, A., & Tosun, S. (2018). Determination of Connection Locations of FACTS Devices to Improve Power System Stability. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, December 2018*, 123–1. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.443223>
- Gökçek, T., & Ateş, Y. (2019). Dağıtık Güç Üretimine Şebekeye Entegrasyonu ve Olası Etkilerinin İncelenmesi. *European Journal of Science and Technology, 15*, 216–228. <https://doi.org/10.31590/ejosat.521350>
- Ingole, D. A., & Gohokar, P. D. V. N. (2017). Voltage Stability Improvement in Multi-bus System Using Static Synchronous Series Compensator. *Energy Procedia, 117*, 999–1006. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.221>
- Jianjun, Z., Dong, Z., Yang, G., & Zhihong, Y. (2018). Load shedding control strategy for power system based on the system frequency and voltage stability(Apr 2018). *China International Conference on Electricity Distribution, CIGRE, 201804230000057*, 1352–1356. <https://doi.org/10.1109/CIGRE.2018.8592262>
- Joseph, A., Smedley, K., & Mehraeen, S. (2020). Secure Power Distribution Against Reactive Power Control Malfunction in DER Units. *IEEE Transactions on Power Delivery, July 2020*, 8977(c), 1–1. <https://doi.org/10.1109/tpwr.2020.3011376>
- M. Kenan Döşoğlu, Salih Tosun, Ali Öztürk, G. P. (2013). Faz Kaydırıcı Transformatörlerin Statik Gerilim Kararlılığı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Journal of Advanced Technology Sciences, 2(3)*, 43–52.
- Masikana, S. B., Sharma, G., Akindeji, K., & David, I. E. (n.d.). *Voltage Stability Enhancement Studies for Distribution Network with Installation of FACTS*.
- Memarzadeh, G., & Esmaili, S. (2018). Voltage and reactive power control in distribution network considering optimal network configuration and voltage security constraints. *Scientia Iranica, 0(0)*, 0–0. <https://doi.org/10.24200/sci.2018.20565>
- Muhammed Mustafa ERTAY, Z. A. (2012). *Güç sistemlerinde facts uygulamaları. 4(2)*, 40–58.
- Salih Tosun, A. Ö. (2018). *Faz Kaydırıcı Transformatörlerin Dinamik Gerilim Kararlılığına Etkileri*. 469–480.
- T. Yalçınöz H. Altun ve H. Karadal. (2004). Farklı Topolojiye Sahip MLP Yapay Sinir Ağları ile Enerji Sistemlerinde Gerilim Kararlılığı Analizi. *The 13th Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Artificial Neural Networks, Pp. 547-554, June 10-11 2004, İzmir, Turkey*.
- Tosun, S., Öztürk, A., Yalçın, M., Döşoğlu, K., & Güvenç, U. (2011). Güç Sisteminde SVC ve STATCOM Denetleyici Etkilerinin İncelenmesi. *International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey Güç*, 287–292. <http://web.firat.edu.tr/iats/cd/subjects/Electrical%26Electronics/EAE-60.pdf>
- Tosun, Salih. (2011). *Güç Sistemlerinde Gerilim Kararlılığının Sezgisel Yöntemlerle İncelenmesi*.
- Tuttokmağ, Ö., & Kaygusuz, A. (2019). Transient Stability Analysis of Power Systems with Distributed Generation. *2019 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing Symposium, IDAP 2019*. <https://doi.org/10.1109/IDAP.2019.8875935>
- Yang, J., Li, G., Wu, D., & Suo, Z. (2013). The impact of distributed wind power generation on voltage stability in distribution systems. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC*. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2013.6837205>



PNL (Perkütan Nefrolitotomi) Ameliyatlarında Kullanılacak Artırılmış Gerçeklik Simülasyonu

Hüseyin Yaman^{1*}, Levent Cıvcık²

¹ Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4933-5963)

² Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4580-8164)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804466)

ATIF/REFERENCE: Yaman, H. & Cıvcık, L. (2020). PNL (Perkütan Nefrolitotomi) Ameliyatlarında Kullanılacak Artırılmış Gerçeklik Simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 293-296.

Öz

Perkütan nefrolitotomi (PNL), 2 cm üzerindeki böbrek taşlarında ve karmaşık böbrek taşları için önerilen minimal invaziv tedavi yöntemidir. Oldukça hassas olan operasyonlarda başarısızlıkla sonuçlanabilecek komplikasyonlar gelişebilir. Bu sebeplerden dolayı, bu çeşit cerrahi operasyonlarda personel eğitimi oldukça kritiktir. Bu tür cerrahi operasyonlar hakkında teorik bilgi edinmek, başarılı bir operasyon süreci için yetersizdir. Bu sebeple yapılan kadavra ve hayvan modelleriyle eğitimin maliyeti yüksek ve sınırlıdır. Bu çalışmada günümüzde birçok alanda kullanım yeri bulan artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisinin, PNL'de başarıyı artırmak için cerrahi personelin yeni nesil eğitim sistemlerinde kullanımının uygunluğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik (AR), Perkütan nefrolitotomi (PNL), Böbrek, Tedavi, Eğitim

Augmenting Reality Simulation to be Used in PNL (Perkütan Nefrolitotomi) Surgeries

Abstract

Percutaneous nephrolithotomy (PNL) is a minimally invasive treatment method recommended for kidney stones larger than 2 cm and complex kidney stones. Complications that may result in failure may develop in highly sensitive operations. For these reasons, staff training is critical in these types of surgical operations. Learning theoretical knowledge about these types of surgical operations is insufficient for a successful operation process. For this reason, the cost of training is high and limited with cadaver and animal models. In this study, the appropriateness of the use of augmented reality (AR) technology, which has been used in many areas today, in new generation training systems of surgical personnel to increase the success in PNL has been revealed.

Keywords: Augmented Reality (AR), Percutaneous Nephrolithotomy (PNL), Kidney, Treatment, Education.

1. Giriş

Usta-çırak ilişkisine dayanan cerrahi eğitim sürecinde, günümüzde mesai saatlerindeki kısıtlılık (Howells vd.,2008:90:494-9) hasta güvenliği (Cannon vd., 2006:442:21-9) ve cerrahi vaka oranında azalma sebebi ile aksaklıklar oluşmaktadır. Bu nedenle farklı eğitim yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kadavra, hayvan ve anatomik model kurslar bu ihtiyaçlara yönelik eğitim yöntemleridir. Fakat bu yöntemler maliyetli olmakla birlikte sınırlı deneyim sunmaktadırlar (Gomoll vd.,2007:35:883-8)-(Modi vd., 2010;26:832-40). Bu sebeple teknolojinin sağladığı imkanlar sayesinde artırılmış gerçeklik bilgisayar simülasyonları oldukça ön plana çıkmaktadır (Michelsen ,2006:88)-(Rosenberg vd.,2005:19:372-6)-(Gomoll vd., 2008:36:1139-42)- (Phillips vd.,2017:45:2125-2130) (Martin vd., 2016:474:965-70).

* Hüseyin Yaman Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4933-5963)
huseyinyamanbilsem@gmail.com

Havacılık sektöründeki pilot eğitimlerinde uzun süredir kullanılmakta olan Artırılmış Gerçeklik Bilgisayar Simülasyonları (Pedowitz vd., 2002:18:1-6) son yıllarda da gelişen teknoloji ile birlikte ameliyathane performansı öncesi temel becerileri ve deneyim kazandırmak için kullanılmaya başlanmıştır (Gomoll vd.,2007:35:883-8), (Modi vd.,2010:26:832-40), (Henn vd.,2013:29:982-5).

Bu çalışmada, yenilikçi öğretim metotlarından olan sanal gerçeklik (VR) artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi ile PNL ameliyatları eğitiminde kullanılabilecek "Artırılmış Gerçeklik Simülasyonu" hakkında bilgi paylaşımı amaçlanmıştır. Elektronik ortamda gerçekleştirilecek PNL beceri uygulaması öğrencinin, hayati önem taşıyan bir aktivitede, gerçek ortamdaymış gibi hissederek risk almadan yapay veya sanal deneyim kazanacağı ve teknolojiyi kullanma becerisini geliştireceği bir öğrenme ortamı yaşamasını sağlayacaktır.

Perkütan Nefrolitotomi (Pnl)

Türkiye'de endemik olarak kabul edilen üriner sistem taşları bilinen en eski hastalıklardan biridir (Gomoll vd.,2007:35:883-8). Böbrek taşı hastalığı farklı coğrafyalarda, Kuzey Amerika'da %7-13, Avrupa'da %5-9 ve Asya'da %1-5 gibi, farklı oranlarda ortaya çıkan bir hastalıktır (Sorokin vd., 2017:35). Türkiye'de taş hastalığı insidansı %14,8'dir. Üriner sistem taş hastalığı Türkiye de 45 ila 54 yaşları arasında en sık görülmektedir. Güneydoğu Anadolu en yüksek prevalansa sahip bölgesidir (Turgut vd.,2014;9:31-37).

Böbrek toplayıcı sistemine perkütan girişi ilk kez 1950'lerde tarif edildi. 1970'lerde böbrek taşı için minimal invaziv tedavi seçeneği olarak perkütan nefrolitotomi (PNL) kullanılmaya başlanmış ve daha sonraki yıllarda daha da gelişmiştir (Alken vd., 1982;8:304-11). Anestezi yöntemlerinde ve teknolojiye bağlı olarak taş hastalığının cerrahi tedavisi önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. 1976 yılında ilk kez Fernström ve Johannson tarafından tanımlanan perkütan nefrolitotomi (PNL) bu değişikliklerden en önemlisidir (Tefekli ve Cezayirli, 2013:423964).

Litotripsi teknolojisindeki gelişme ve ayrıca aletlerin geliştirilmesi (esnek nefroskoplar gibi) ve (holmium/itriyumalüminyum-garnet lazer), perkütan nefrolitotomide taş parçalanmasının etkinliğini artırarak, taşsızlık oranının>%90 olmasını sağlamıştır (Taylor vd.,2012;1:223-8). PNL 2 cm'den daha büyük böbrek taşlarında altın standart cerrahi tedavi yöntemi olmakla birlikte %20'den %83'e varan komplikasyon oranları bildirilmektedir (Türk vd., 2015;69:468)-(Taylor vd., 2012;1(4):223-8).

Böbrek Anatomisi

Böbrekler T12-L3 omurgaları arasında karın boşluğunun arkasında yer alırlar. Arkada Psoas Major kası üzerinde ve kasın dik aksına paralel, hafif oblik olarak yer alırlar. Üst kutbu alt kutbuna göre daha orta hatta yakın ve daha arkada yerleşimlidir. Böbreğin hiler bölgesinin öne doğru dönüklüğü sebebiyle her iki böbreğinde yan kenarları arkada yerleşimlidir. Bu dönüş sonucu böbreğin ön eksenine ille vücudun ön keseni 30-50 derecelik açı yapar (Coleman 1987:13-32).

Sol böbrek ortalama 11,2 cm, sağ böbrek ortalama 10,9 cm dir. Her iki böbreğin üst kutbu (üst bölgesi) alt kutbuna göre daha geniştir. Perkütan girişimlerde böbrekte olabilecek hasarları en aza indirebilmek için böbreklerin ve komşuluklarının üç boyutlu formuna tam olarak hâkim olmak gerekir (Sampaio ve Lacerda, 1989:95:77-80).

Sağ böbrek üstte böbrek üstü bezi, önde kc ve hilus yakınlarında 12 parmak bağırsağı, ana toplar damar, altta karın boşluğu arkasında olan kalın bağırsağın karaciğer tarafındaki dönüş bölgesi ile komşudur. Sol böbrek üstte böbrek üstü bezi, üst dışta dalak, hilus dolaylarında pankreasın kuyruk bölgesi, ön üstte mide, altta ince bağırsak bölümleri (orta bağırsak ve son bağırsak) ve kalın bağırsakla komşudur. Her iki böbrek arkada diyafram, kuadratum lumborum kası ve psoas kası ile bitişiktir. Böbreğin kalın bağırsak ile komşuluğu çok önemlidir. Böbrek arkasında yerleşmiş kalın bağırsak varlığında kalın bağırsak böbrek alt polü ile komşuluk gösterir. BT ile yapılan çalışmalarda sırtüstü yatar pozisyonda %1,9 olguda böbrek arkasında yerleşimli kalın bağırsak tespit edilirken bu olgular PNL'de uygulanan yüzükoyun pozisyonunda alındığında %10 olguda böbrek arkasında yerleşimli kalın bağırsak tespit edilmiştir (Caner 2016).

Hasta Pozisyonu

PNL'de genelde hasta pozisyonu prone (yüzükoyun) pozisyonudur. Prone pozisyonu böbreğe girişte ve böbreğe girdikten sonra operasyon sürecinde geniş bir müdahale alanı sağlayarak avantaj sağlamaktadır. İç organ hasarı bu pozisyon da azalmaktadır. Buna rağmen Prone pozisyonunun dezavantajları olarak solunum ve dolaşım sıkıntıları olası göz, spinal ve periferik sinir sorunlarını sayabiliriz. Obez, solunum ve dolaşım sıkıntıları olan hastalarda bu sorunlar daha ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle farklı pozisyon arayışları başlamış ve supin pozisyon gündeme gelmiştir (Özlülerden ve Tuncay 2020;12(1):35-44).

Günümüzde büyük ve kompleks böbrek taşlarının tedavisinde önerilen modalite olan PNL, yıllar içerisinde hem taşsızlık oranlarını arttırmak hem de komplikasyonları en aza indirmek için çeşitli modifikasyonlara uğramıştır. Lazer teknolojisinin gelişimi ile PNL, retrograd intrarenal cerrahi (RIRS) ile rekabetinde minyatürize olarak kendisine yeni yaşam sahaları oluşturdu. Bir önemli değişim de diğer birçok başka avantajı ile birlikte ergonomik bir biçimde endoskopik kombine intrarenal cerrahi (ECIRS) yapılabilmesine de olanak sağlaması açısından supin pozisyona geçiş oldu (Ibarluzea vd., 2007;100:233-6).

Dilatasyon

PNL operasyonu esnasında seçilecek dilatasyon tekniği, muhtemel komplikasyonlar bakımından oldukça önemlidir. Nefrostomi traktının akut dilatasyonu birçok enstrümanla yapılabilir. En çok kullanılan; seri olarak uygulanan ve gittikçe kalınlaşan fasyal

dilatatörler, amplatz dilatasyon seti, metal yardımcı dilatatörler ve yüksek basınçlı balonlardır. Cerrahi personelin deneyimi ve tercihleri ile ilişkili olarak tüm dilatasyon teknikleri güvenle kullanılabilir (Turgut vd., 2014:31-37).

PNL esnasında böbrek damarlarının yaralanmasına bağlı olarak kanama görülür. Çoğunlukla iğnenin girişi, traktın dilatasyonu esnasında, nefroskopi yapılırken veya postoperatif dönemde ciddi kanamalar görülür. PNL minimal bir yaklaşım işlemidir. Bu yaklaşım sırasında kanamalar pek çok sefer kontrol edilememektedir. En ideal şekilde böbreklere yapılan giriş PNL den kaynaklanan kanamaları önemli derecede engellemektedir. Böbrek taşın merkezine uygulanan ilk iğne girişi minimum mesafe en doğru açıda olmalıdır. Genişlemede kullanılan metot iğne giriş işleminden sonra kanama oranlarını değiştirmektedir.

Tartışma- Dilatasyon İşleminde Artırılmış Gerçeklik Kullanımı:

Bir konu hakkında bilgi edinmek, davranış değişikliği kazandırmaya yetmeyebilir. Özellikle de acil durumlarda davranışa dönüşmesi istenen bilginin, öğrenen tarafından algılanması, deneyimle pekiştirilmesi ve uzun süreli belleğe kaydedilmesi gerekmektedir. Bilginin kalıcılığıyla ilgili eğitim ve öğrenimde devrim niteliğinde yeni fırsatlar sunan AG uygulamaları, eğitilen personelin tecrübe kazanmasında büyük rol oynamaktadır. AG ile verilen eğitimler planlı biçimde verilmesi sebebi ile bilginin eğitilen personele aşamalı olarak verilmesi sağlamaktadır. Gerçek olayların rastlantısal sonuçları yerine bilinçli olarak alternatif durumların her birisi ele alınabilmektedir. Tekrar eden deneyim ortamı sayesinde bilginin işlenip kalıcı bir anı niteliği kazanması sağlanır. Eğitilen personelin istedik davranışı tekrar tekrar uygulama yaparak pekiştirmesi gibi özellikler ile etkili bir öğrenme sağlanabilmektedir. Bu nedenlerle AG uygulamaları ile verilen eğitim sayesinde (Telli vd., 2018), birçok zor alanda başarılı olan artırılmış gerçeklik yöntemi cerrahi uzmanlık ve beceri isteyen dilatasyon yöntemi içinde faydalı olacağı öngörülmektedir.

Böbrek anatomisinin iyi bilinerek komşu olduğu hassas bölgelere zarar vermeden Perkütan Nefrolitotomi ameliyatlarında kesi noktasının tespit edilmesi önem teşkil etmektedir. Ayrıca Artırılmış Gerçeklik sayesinde bilgilerin hızlı ve kolaylıkla aktarımı gerçekleşmektedir. Endüstriyel ve çevresel tehlikelerden izole edilmesi sebebiyle cerrahi yöntemleri hijyenik ortamlar gerektirmesi nedeniyle Artırılmış Gerçeklik oldukça güvenlidir. Laboratuvar ve kadavra gerektirmedikinden uygulamada tasarruf sağlamaktadır. Zamandan ve mekândan bağımsız eğitsel deneyim imkânı tanımaktadır. Sınırsız tekrarlanabilir olması sebebi ile eğitilen personelin tecrübesi artmaktadır. Eğitilen personele 3 boyutun sürükleyici bir deneyim sunması nedeniyle PNL ameliyatlarında kullanılan dilatasyon yönteminin ve hassas kesi noktasının daha iyi belirlenmesine olanak vermektedir. Bu nedenle Artırılmış Gerçeklik birçok cerrahi yöntemlerin uygulanmasında olduğu gibi PNL yönteminde de yaşanan sıkıntıları sanal olarak simüle edilerek, eğitim alan personelin rahat bir ortamda deneyim kazanması sağlanır. Bireysel adımların tekrarlanabilir olması nedeniyle eğitilen personele farklı bakış açılarından ve görüşlerden PNL sürecini analiz etme fırsatı sağlanması nedeniyle Artırılmış Gerçeklik yöntemlerinin uygulanması önemlidir (Macchiarella vd., 2005)-(Erkoyuncu vd., 2016 :64-69).

Yöntem

PNL ameliyatlarından önce Bilgisayarlı Tomografi işlemi sırasında elde edilen veriler üç boyutlu olarak sanal gerçeklik ortamına aktarılır. Yapay zekâ kullanılarak en doğru biçimde hesaplamalar yapılır ve cerrahi personel sanal gerçeklik ortamında bilgilendirilir. PNL ameliyatlarında kullanılan dilatasyon yönteminin ve hassas kesi noktasının en doğru biçimde Artırılmış Gerçeklik vasıtasıyla cerrahi personel ameliyat öncesi deneyim kazanması sağlanır.

Dezavantajlar

Tüm bu olumlu yönlerinin yanı sıra Artırılmış Gerçeklik AG önünde teknolojik engellerin (altyapı, çözünürlük, fiziksel etkileşim zorlukları vb.) bulunması, aşırı bilişsel yüke neden olması, donanım ile yazılımların yüksek maliyetli olması, içerik geliştirme zorluğu, teknik bilgi yetersizlikleri, geliştirme ve bakım masrafları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu alanda karşılaşılan en büyük zorluk ise uygun içeriğin ve uygun görüntüleme teknolojisinin geliştirilmesidir. AG uygulamaları kapsamındaki dezavantajların teknolojinin ilerlemesi ve zaman içinde olumlu sonuçların alınması ile birlikte ortadan kalkacağı değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Howells N, Gill H, Carr A, Price A, Rees J. Transferring simulated arthroscopic skills to the operating theatre. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90: 494-9),
Cannon WD, Eckhoff DG, Garrett Jr WE, Hunter RE, Sweeney HJ. Report of a group developing a virtual reality simulator for arthroscopic surgery of the knee joint. *Clin Orthop Relat Res*. 2006; 442: 21-9.)
Gomoll AH, O'toole RV, Czarnecki J, Warner JJ. Surgical experience correlates with performance on a virtual reality simulator for shoulder arthroscopy. *Am J Sports Med*. 2007; 35: 883-8.
Modi CS, Morris G, Mukherjee R. Computer-simulation training for knee and shoulder arthroscopic surgery. *Arthroscopy*. 2010; 26: 832-40.
Michelson JD. Simulation in orthopaedic education: an overview of theory and practice. *J Bone Joint Surg Am*. 2006; 88: 1405-11.
Rosenberg BH, Landsittel D, Averch TD. Can video games be used to predict or improve laparoscopic skills? *J Endourol*. 2005; 19: 372-6.
Gomoll AH, Pappas G, Forsythe B, Warner JJ. Individual skill progression on a virtual reality simulator for shoulder arthroscopy a 3-year follow-up study. *Am J Sports Med*. 2008; 36: 1139-42.

- Phillips L, Cheung JJ, Whelan DB, Murnaghan ML, Chahal J, Theodoropoulos J, et al. Validation of a Dry Model for Assessing the Performance of Arthroscopic Hip Labral Repair. *Am J Sports Med.* 2017; 45: 2125-2130.
- Martin RK, Gillis D, Leiter J, Shantz JS, MacDonald P. A porcine knee model is valid for use in the evaluation of arthroscopic skills: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res.* 2016; 474: 965-70
- Pedowitz RA, Esch J, Snyder S. Evaluation of a virtual reality simulator for arthroscopy skills development. *Arthroscopy.* 2002; 18: 1-6.
- Gomoll AH, O'toole RV, Czarnecki J, Warner JJ. Surgical experience correlates with performance on a virtual reality simulator for shoulder arthroscopy. *Am J Sports Med.* 2007; 35: 883-8.
- Modi CS, Morris G, Mukherjee R. Computer-simulation training for knee and shoulder arthroscopic surgery. *Arthroscopy.* 2010; 26: 832-40.
- Henn RF, Shah N, Warner JJ, Gomoll AH. Shoulder arthroscopy simulator training improves shoulder arthroscopy performance in a cadaveric model. *Arthroscopy.* 2013; 29: 982-5.
- Sorokin I, Mamoulakis C, Miyazawa K, et al. Epidemiology of stone disease across the World. *World J Urol.* 2017;35(9):1301-20. <https://doi.org/10.1007/s00345-017-2008-6>.
- Hasan Turgut1, Akif Diri2, Murat Bağcıoğlu3, Tolga Karakan4, Cankon Germiyoğlu5 Perkütan nefrolitotomi operasyonlarında kullanılan balon ve amplatz dilatasyon tekniklerinin karşılaştırılması *Yeni Üroloji Dergisi - The New Journal of Urology* 2014; 9 (3): 31-37
- Alken P, Hutschenreiter G, Guenther R. Percutaneous kidney stone removal. *EurUrol.* 1982; 8:304-11. <https://doi.org/10.1159/000473540>
- Tefekli A, Cezayirli F. The history of urinary stones: in parallel with civilization. *Scientific World J* 2013;423964. <https://doi.org/10.1155/2013/423964>
- Taylor E, Miller J, Chi T, et al. Complications associated with percutaneous nephrolithotomy. *Transl Androl Urol.* 2012;1(4):223-8. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2223-4683.2012.12.01>
- Türk C, Knoll T, Petrik A et al. European association of urology, guidelines on urolithiasis. *Eur Urol.* 2015;69:468. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2015.04.021>
- Taylor E, Miller J, Chi T, et al. Complications associated with percutaneous nephrolithotomy. *Transl Androl Urol.* 2012;1(4):223-8. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2223-4683.2012.12.01>
- Coleman CC. Percutaneous nephrostomy: Renal anatomy. In Amplatz K, Lange PH, eds. *Atlas of endourology.* Chiago: Year book, 1987, pp13-32.
- Sampaio FJB, Lacerda CAM. Morphometrie du rein. Etude appliquee a l'urologie et a l'imagerie. *J Urol (Paris)* 95:77-80, 1989.
- Perkütan Nefrolit Operasyonu Sonrası Kanamaya Etki Eden Faktörler Uzmanlık Tezi Dr. Mehmet Caner Gülten Tez Danışmanı Prof. Dr. Ömer Levent Tuncay Denizli-2016
- Yusuf Özlülerden, Ömer Levent Tuncay, Prone Percutaneous Nephrolithotomy *Endourol Bull* 2020;12(1);35-44 e-ISSN:2148-0532
- Ibarluzea G, Scoffone CM, Cracco CM, Poggio M, Porpiglia F, Terrone C, et al. Supine Valdivia and modified lithotomy position for simultaneous anterograde and retrograde endourological access. *BJU Int* 2007;100:233-6.)
- Hasan Turgut1 , Akif Diri2 , Murat Bağcıoğlu3 , Tolga Karakan4 , Cankon Germiyoğlu5 *Yeni Üroloji Dergisi - The New Journal of Urology* 2014; 9 (3): 31-37
- G. Telli Yamamoto, N. Zümrüt, D. Altun, "İş Kazalarının Önlenmesinde Sanal Gerçeklik Teknolojisi İle Deneysel Öğrenme," Maltepe Üniversitesi Uluslararası İşletme ve Pazarlama Kongresi, İstanbul 2018
- N.D. Macchiarella, D. Liu, S.N. Gangadharan, "Augmented Reality as a Training Medium for Aviation/Aerospace Application," Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2005
- J.A. Erkoyuncu, M. Alrashed, M.M. Dalle, R. Michela, D.G. Rajkumar, "Real life augmented reality for maintenance," Int'l Conf. Modeling, Sim. and Vis. Methods (MSV'16), 64-69, 2016



İnsansız Hava Araçları İçin Görüntü İşleme Tabanlı Otonom İniş

Mustafa İlker Ekmen¹, Ömer Aydoğdu²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0573-6717)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0815-0356)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804502)

ATIF/REFERENCE: Ekmen, M. İ. & Aydoğdu, Ö. (2020). İnsansız Hava Araçları İçin Görüntü İşleme Tabanlı Otonom İniş. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 297-303.

Öz

Günümüzde teknolojik anlamda herkes güvenli ölçümlerin hayatımızdaki etkisine oldukça aşinadır. Yani bu bağlamda araştırmacılar tarafından güvenli ölçüm çalışmaları için birçok çalışma yapıldı ve bunlardan biri İnsansız Hava Aracı. İnsansız Hava Aracının iyi bilinen bir kullanımı, belki de, bu cihazı sadece insansız hareketi için değil, aynı zamanda keyfi alanlar üzerinde uçuş sırasında benzersiz manevra için son derece pratik kılan güvenlik ve bakım ölçümlerindeki kabiliyetidir. Bu çalışmada İnsansız Hava Aracının otomatik inişi ele alınmıştır.

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) günümüzde gözetleme, keşif, askeri amaçlar, taşımacılık, zirai ilaçlama, kamera çekimi, yangın söndürme gibi birçok alanda kullanımı hızla artmıştır. İHA sistemlerinde kalkış, seyir, güdüm ve iniş kontrolü en önemli olaylardır. İHA'nın seyir halinde havadaki dengesi, çevre güvenliği ve uçuş stabilitesi açısından önem arz etmektedir. İHA'nın kalkış ve iniş manevraları güvenlik ve kararlılık açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, havadaki bir İHA'nın görüntü işleme metodları kullanılarak zemin üzerindeki renkli bir alana otonom olarak inmesi sağlanmıştır. Alan üzerine dairesel biçimde bir cisim konulmuştur. Bunun için renkli dairesel cismin kamera ile koordinatları ölçülerek bu koordinatlara göre iniş yörüngesi belirlenmiştir. Kamera ile çekilen görüntü 512 piksele ayrılmıştır. Çekilen görüntünün tam orta noktası 256x256 pikseller olarak ayarlanmıştır. Kameradan gelen anlık geri kazanımlar ile İHA kendi konumunu sürekli kontrol ederek sabit kalmaya çalışmıştır. Bu sayede otonom iniş için gerekli olan anlık kontrol edilen değerler kamera görüntüsü kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmada İHA için eşdeğer lineer bir transfer fonksiyonu elde edilmiştir. İHA'nın giriş sinyallerinin ve çıkış sinyallerinin değerleri incelenerek System identification ile uygun bir transfer fonksiyonu elde edilmiştir. Bu transfer fonksiyonu denetleyici tasarımında kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otonom Uçuş, Sistem Tanılama, Görüntü İşleme

Image Processing Based Autonomous Landing for Unmanned Aerial Vehicles

Abstract

Technologically, everyone today is very familiar with the impact of safe measurements on our lives. In this context, many studies have been done by researchers for safe measurement studies, and one of them is Unmanned Aerial Vehicle. A well-known use of the Unmanned Aerial Vehicle is perhaps its ability in safety and maintenance measurements, which makes this device extremely practical not only for unmanned movement but also for unparalleled maneuvering during flight over arbitrary areas. In this research, the automatic landing of the Unmanned Aerial Vehicle is discussed.

The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in many areas such as surveillance, reconnaissance, military purposes, transportation, agricultural spraying, camera shooting and fire fighting has increased rapidly. Take-off, navigation, guidance and landing control are the most important events in UAV systems. The balance of the UAV in the air while traveling is important in terms of environmental safety and flight stability. The take-off and landing maneuvers of the UAV are very important in terms of safety and stability. In this study, an airborne UAV was enabled to land autonomously on a colored area on the ground using image processing methods. An object

¹ Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0573-6717, ilkerekmen99@gmail.com

is placed in a circular shape on the field. For this, the coordinates of the colored circular object were measured with the camera and the landing trajectory was determined according to these coordinates. The image taken with the camera is divided into 512 pixels. The exact midpoint of the captured image is set to 256x256 pixels. With the instant gains from the camera, the UAV tried to stay stable by constantly checking its position. In this way, the instantly controlled values required for autonomous landing were evaluated using the camera image. In addition, an equivalent linear transfer function was obtained for the UAV. and output signals of the UAV, a suitable transfer function has been obtained with System identification. This transfer function is used in controller design.

Keywords: Autonomous Fligh, System Identification, Image Processing

1. Giriş

Günümüzde İnsansız Hava Araçları (İHA) askeri ve sivil ortamlarda oldukça fazla kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle son zamanlarda otonom olarak belirli bir noktaya giden veya bir cisimi otonom bir şekilde takip eden İHA çalışmaları yapılmaktadır. İHA'nın gerçekleştirmekte olduğu göreve göre otonom hareketinde hedef noktaya göre sapmaların oldukça minimum olması gerekmektedir. Örneğin belli bir nokta üzerine otonom bir şekilde iniş yapması beklenen bir İHA'nın beklentinin uzağında bir noktaya inmesi halinde belirlenen görevi başarıyla gerçekleştirememesine sebebiyet verecektir. Otonom sistemler için en önemli nokta sistemin matematiksel modelinin en iyi şekilde ortaya çıkarılması ve bu matematiksel modele göre uygun denetleyici katsayılarının belirlenmesidir. Günümüzde halen İHA sistemleri için en yaygın kullanılan denetleyiciler PID denetleyicilerdir. Denetim amacıyla kullanılan PID denetleyici katsayılarının belirlenmesinde farklı yöntemler mevcuttur. Bunlara Ziegler Nichols ve yapay zeka yöntemleri örnek verilebilir.

Literatürde İHA sistemleri için Harmel ve arkadaşları geri-adım kontrol yöntemi kullanarak İnsansız Hava Aracı denge sistemi geliştirmek için başarılı bir simülasyon programı gerçekleştirerek deney sonuçları elde etmişlerdir.[1]. Bouabdallah ve arkadaşları İHA üzerinde birden çok kontrol yöntemi deneyerek PID kontrol yöntemini OS4 deneyi üzerinde başarıyla uygulayarak dengeli bir uçuş elde etmişlerdir[2]. Kutluk Bilge Arıkan ve ekibi tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada yükseklik kontrolünü LQR (linear-quadratic regulator) ve yönelim kontrolünü PID kontrol algoritması ile sağlayan dengeli uçabilen bir sistem elde etmişlerdir [3].

İHA'lar için iniş teknikleri incelendiğinde açık havada inişin, rüzgâr, görüş mesafesi, vb. gibi harici rahatsız edici faktörlerin varlığından dolayı daha zorlu bir sorundur. Görüş tabanlı inişlerin ana kısmı, cisim algılama veya zemin tanıma teknikleri kullanarak iniş pistini tespit etmektir. Bu, aşağıda verilen birkaç yaklaşım kullanılarak yapılabilir.

Image Segmentation: Bir görüntünün piksel kümelerine bölünmesini ve görüntüdeki her piksele aynı etikete sahip piksellerin bazı görsel özellikleri paylaşacağı şekilde bir etiket atamasını içerir. Bu daha sonra görüntüdeki çizgileri, nesne sınırlarını ve eğrileri tanımlamak için kullanılabilir. Eşikleme, gri tonlamalı bir görüntüyü ikili görüntüye dönüştüren en kolay görüntü bölümlenme yöntemlerinden biridir [4].

Image Moments: Görüntü işlemede görüntü anı, görüntü piksellerinin yoğunluklarının ağırlıklı ortalaması veya bu tür anların bir fonksiyonudur. Bunların genellikle bazı özel nitelikleri ve yorumları vardır. Genellikle segmentasyondan sonra nesnelere tanımlamak için kullanılırlar [4].

Monocular Vision: Binoküler görmeden farklı olarak her gözün ayrı ayrı kullanıldığı, böylece görüş alanını artıran ancak derinlik algısını sınırlayan bir tekniktir [4].

Stereo Vision: İki bakış noktasından bir sahne hakkındaki bilgiler karşılaştırılır, ardından nesnelere göreceli konumlarının incelenmesiyle 3B bilgiler çıkarılabilir [4].

Bu çalışmada, dört pervaneli insansız hava aracının dengeli bir şekilde iniş pozisyonuna geçerek görüntü işleme algoritmaları kullanılarak belirlenen alanın üzerine hata payı minimum olacak şekilde inmesi için çalışma yapılmıştır. Görüntü işleme yöntemi; çekilmiş olan bir resmin dijital olarak bilgisayar ve yazılım desteği ile işlenmesi uygulaması olarak tanımlanmaktadır. Görüntü işleme uygulamaları başlangıçta askeri ve güvenlik amacıyla kullanılmakta iken günümüzde sürdürülebilir birçok meslek alanında kendine yer bulmaktadır [5]. Görüntü işleme için doğru yöntemin karar verilmesinin ardından ideal bir işleme programının seçilmesi (Matlab, python gibi) ve verilerin işlenmesi gerçekleştirilmektedir. İşleme gerçekleştirildikten sonra elde edilen verilerin yorumlanması ve kullanılması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte elde edilen veriler sadece daha sonra kontrol edilmeyip anlık değerlendirmeler ile de (real time) kullanılabilir [6]. Çalışmada İHA'nın matematiksel modeli Matlab System Identification Toolbox kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Modelleme ve Kontrol

İHA sistemleri üzerlerine yerleştirilen dört adet motorun hareket ettirilmesi ile elde edilen itki kuvvetinin yardımıyla hareketini gerçekleştirirler. Dört adet motor ile üç adet konum ve üç adet yönelim durumunu denetlemesi gereken İHA, bu yapısı ile doğrusal

olmayan bir modele sahiptir. Motorların hareketi ile durumlar arasında bir bağ olan ve bu durumun bozucu bir etki oluşturduğu İHA'nın denetlenmesi zordur [7].

System Identification kullanılarak PID katsayıların belirlenmesinde en önemli faktör matematiksel modeli tespit edilecek sistemin giriş ve çıkış değerleridir. Bu çalışmada görüntü işleme algoritmaları kullanılarak zeminde tespit edilen bir cismin üzerine dengeli bir şekilde İnsansız hava aracı indirilmeye çalışılmıştır. İHA'lar üzerine yapılan modelleme çalışmalarından bir tanesi P. Pounds ve arkadaşlarının geliştirdiği, 'X-4 Flayer' ismini verdikleri hava aracı tasarımı ve doğrusal modelinin elde edilmesidir. Bu sistemde açılmal konumu korumak amacıyla elde edilen doğrusal tek giriş tek çıkışlı modelde PID denetleyici kullanılmıştır [8].

Matlab Simulink ortamında oluşturulan model de ilk girilen değerler sistemin giriş (Input) değerleri olacaktır. Bu değerler referans olarak kabul edilecektir. Cismin, İHA üzerinde bulunan kameraya göre hangi noktada bulunması gerektiği bu değerler ile ifade edilmektedir. Görüntü işleme algoritmaları ile kameranın gösterdiği alan X ve Y eksenini boyunca 512 pikseldir. Cismin kameranın tam orta noktasında bulunması gerektiği için yapılan çalışmada referans değeri olarak X ekseninde 256 ve Y ekseninde 256 piksel noktalarında cismin bulunması gerekmektedir. Referans değerlerine göre İHA'nın PID katsayıları olmadan iniş pozisyonuna geçerek ne kadar sapma meydana getirdiği uçuş yapılarak incelenmiştir. Aynı zamanda PID katsayıları olmadan gerçekleştirilen uçuşun X ve Y eksenindeki piksel değerleri yaklaşık 0.1 saniye aralıklar ile kayıt altına alınmıştır.

Matlab Simulink ortamında oluşturulan modele Giriş (Input) ve Çıkış (Output) değerleri girilmiş ve grafiksel sonuçlar alınarak gerçekleştirilen uçuşun referans değerlere göre yaptığı hata incelenmiştir. System Identification toolbox kullanılarak X ve Y eksenlerine göre ayrı ayrı transfer fonksiyonları elde edilmiştir. 9 iterasyon sonucunda sistem girilen değerlere en uygun transfer fonksiyonunu ortaya çıkarmıştır.

Elde edilen transfer fonksiyonu Simulink ortamında oluşturulan matematiksel modele entegre edilerek, Matlab ortamında PID denetleyici için en uygun katsayılar elde edilmiştir. Sistem PID denetleyici olmadan yapılan uçuş ve PID denetleyici ile uçuş durumlarında çalıştırılarak giriş ve çıkış değerleri grafiksel olarak elde edilmiş ve iki durum karşılaştırılmıştır.

2.2. Görüntü İşleme ve İniş Yeri Tespiti

İniş algılama sistemi, aracın inmesi için belirlenen yeri kesin olarak belirler. Yerden bir nesneyi tanıyarak ve nesnenin dairesel şekillere sahip olup olmadığını kontrol etmek için geometrik ve kenar algılama algoritmaları kullanır. İniş yerimizi tanımlayan dairesel şekillerin çıkarılması, yüksek kaliteli görüntü yerine kullanılabilir.

Bu çalışmada ilk olarak, İHA üzerinde bulunan kamera ile cismin piksel üzerindeki konumları ölçülmektedir. Cismin piksel konumları X ve Y eksenini olarak ayrı ayrı ölçülerek İHA'nın cisme göre ileride, geride, sağda veya solda olduğu tespit edilmektedir. Daha sonra X ve Y eksenleri belirli histogram oluşturularak değerlendirilir. Geometrik hesaba dayalı Histogram, yatay ve dikey yönlerde değerlendirilir; benzer şekilde Öklid mesafesi ile de yapılabilir. Bu dizi, vektörlerin derecesini elde etmek için her piksel için ikili formatta yürütülür. Her histogram için, model özelliği M_j ve görüntü özelliği I arasındaki eşleşme derecesi D_j şu şekilde hesaplanır [9].

$$D_j = \sum_{i=1}^n \sqrt{I_i M_{ji}} \quad (1)$$

İkili formatın geometrik histogramından dolayı, başka bir hesaplama kenar tespiti olacaktır. Görüntüyü dönüştürmek için Öklid mesafesine özel algoritma kullanılır. Öncelikle 2B görüntüler için algoritma, görüntü çözünürlüğünü X ve Y yönlerinde ayırt eder ve kenar pikselleri tanımlanmalıdır. İkinci olarak, her kenar piksel için tam bir metrik mesafe vardır, bu nedenle metriğin her pikseli, ikili görüntünün eşleşen bir alanıyla ilişkilendirilir ve ikili format görüntüde en yakın pikselleri elde etmek için Öklid mesafesi aracılığıyla bir mesafe değeri atanır [9]. 2D görüntüdeki iki piksel noktası P (x_1, y_1) ve Q (x_2, y_2) için klasik Öklid mesafesi L aşağıda tanımlanan denklem (2) ile hesaplanır[9].

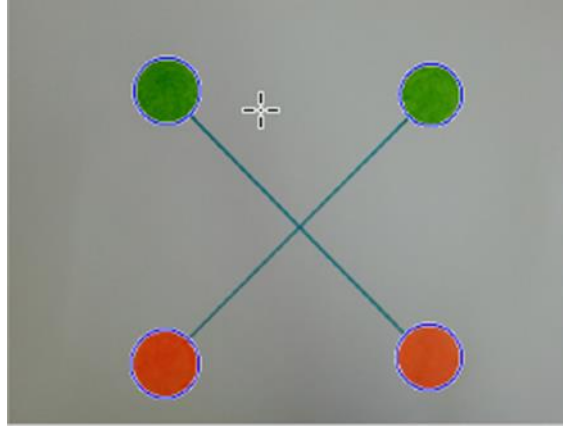
$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

Arka plan mesafesini Öklid mesafe formülasyonu ile çıkarmak için, görüntü çözünürlüğü X ve Y boyutlarında kullanılır, bu nedenle yukarıdaki ifade,

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 * x_{\text{çözüm}}^2 + (y_2 - y_1)^2 * y_{\text{çözüm}}^2} \quad (3)$$

olarak yazılır. Bu formüller, görüntüdeki iki alan için uygulanır. Kameradan alınan görüntüdeki arka plan ve dairesel şekiller.

Bu değerler İHA'nın referans noktasına göre oluşan hata değerlerinin de tespit edilmesini sağlamıştır. Şekil 9'da Matlab kullanarak örnek bir daire uygulamasının sonucu gösterilmektedir.

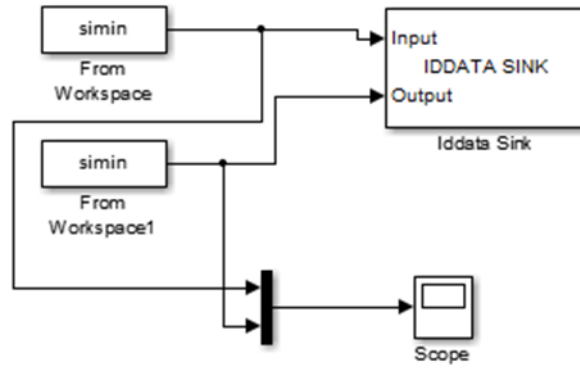


Şekil 1. İHA için daire tespiti [9]

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Deneysel Sonuçlar

Çalışmada deneysel modelleme için veriler Şekil 2’de verilen blok diyagramını ile elde edilmiştir. Şekil 2’de simülasyon ortamına girilen Giriş ve Çıkış verilerinin dışa aktarılması için IDDATA Sink bloğu kullanılmıştır. Bu sayede dışa aktarılan data verisi System Identification Toolbox’ına kolay bir şekilde entegre edilecektir.



Şekil 2. Simülasyon Verilerinin Dışa Aktarımı

Cismin kameraya göre olan X ve Y eksenlerindeki referans noktalarının listesi 0.1 saniye aralıklar ile Tablol 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. X ve Y Ekseni Üzerindeki Referans Değerler

Time	Data:1	Data:2
0	256	256
2.5119e-06	256	256
1.5071e-05	256	256
7.7868e-05	256	256
3.9185e-04	256	256
0.0020	256	256
0.0098	256	256
0.0491	256	256
0.1000	256	256
0.2000	256	256
0.3000	256	256
0.4000	256	256
0.5000	256	256
0.6000	256	256
0.7000	256	256
0.8000	256	256
0.9000	256	256
1	256	256

Tablo 1’de görüldüğü gibi kameranın ölçüm alanı 512 piksel olarak ayarlanmıştır. Ancak cismin kameranın tam orta noktasını referans alacağı için X ve Y eksenlerinde 256’ncı piksel noktaları referans olarak girilmiştir.

Tablo 2’de PID denetleyici olmadan gerçekleştirilen iniş aşamasının reel ortamdan alınan sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2. İnsansız Hava Aracı Üzerinden Ölçülen X ve Y Ekseni Değerleri

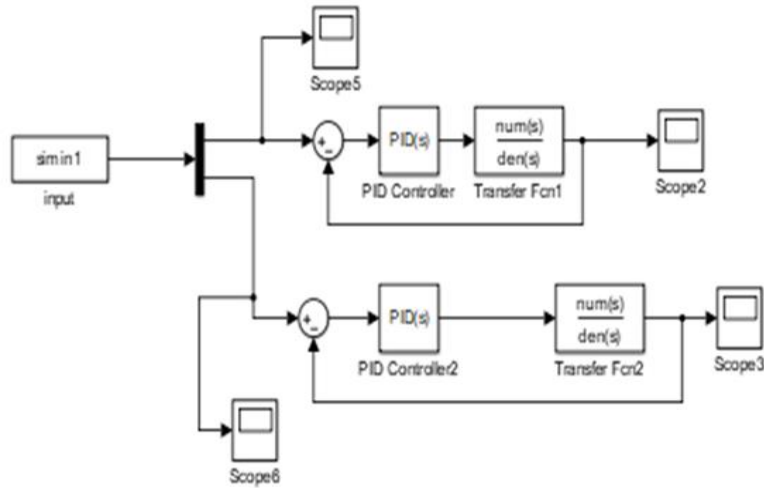
0	258	418
2.5119e-06	254	458
1.5071e-05	250	478
7.7868e-05	270	490
3.9185e-04	406	462
0.0020	390	474
0.0098	398	470
0.0491	382	402
0.1000	362	434
0.2000	466	378
0.3000	470	466
0.4000	398	466
0.5000	378	474
0.6000	354	482
0.7000	342	458
0.8000	474	326
0.9000	266	470
1	226	366

System Identification Toolbox’ı kullanılarak giriş ve çıkış değerlerinin sonuçlarına göre oluşturulan transfer fonksiyonları X ve Y eksenleri için ayrı ayrı aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$Gx(s) = \frac{-0.8535s+1.299}{s^2+1.337s+0.7958} \quad (4)$$

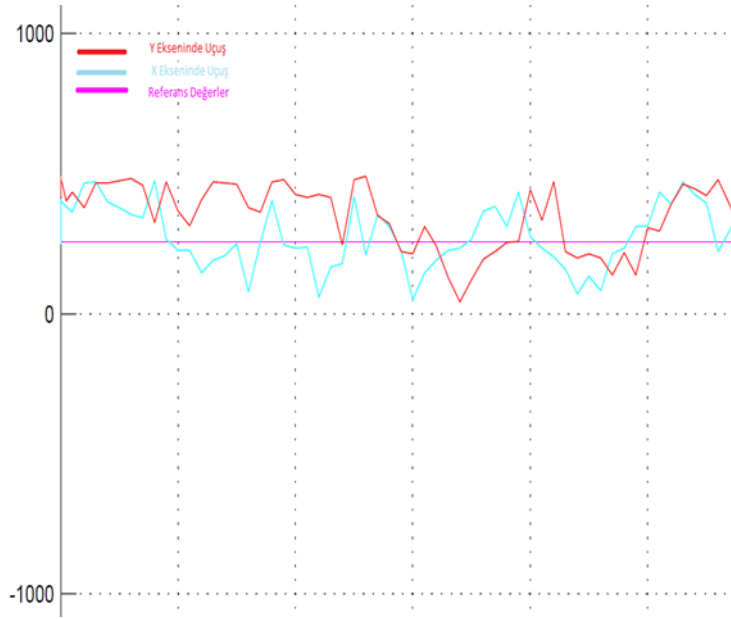
$$Gy(s) = \frac{-0.8539s+1.299}{s^2+1.337s+0.7963} \quad (5)$$

Elde edilen transfer fonksiyonları aşağıda Şekil 3’de görüldüğü gibi Simulinkte oluşturulan blok diyagramına entegre edilmiştir.



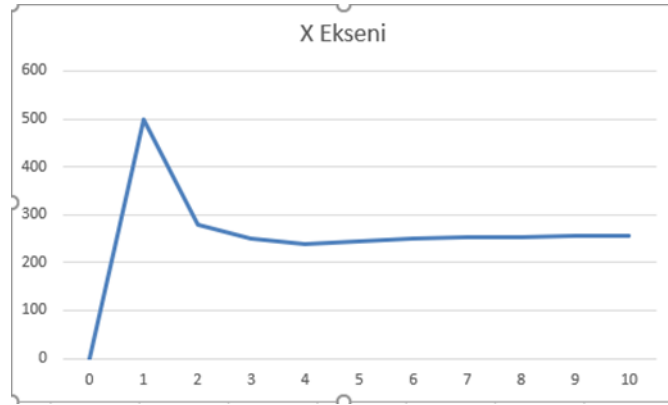
Şekil 3. Simülasyon Verilerininin Elde Edimesi

Şekil 3’de oluşturulan modele göre çıkış sonuçları incelenmiştir. PID denetleyici olmadan yapılan otonom inişin referans noktalara göre değişimi aşağıda Şekil 4’de gösterilmektedir.

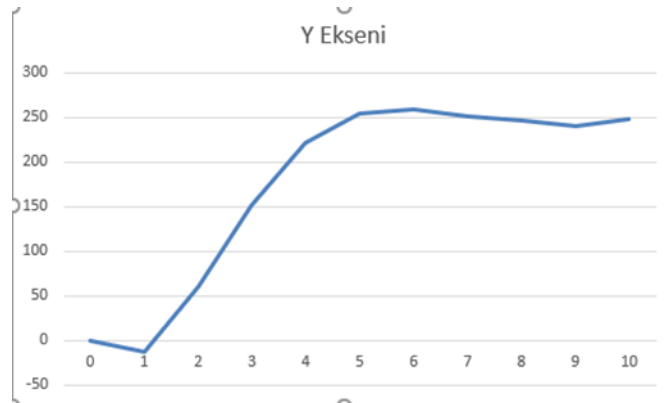


Şekil 4. Uçuş Değerlerinin Referans Değerlere Göre Değişimleri

Yukarıdaki sisteme PID denetleyici ilave edilerek optimal denetleyici parametreleri PID optimizasyon aracı kullanılarak Simulink ortamında elde edilmiştir. PID kontrol kullanılarak sistemin X ve Y eksenindeki çıkışları ayrı ayrı incelenmiştir. Şekil 5’de X eksenindeki simülasyon çıktıları gösterilmektedir. Şekil 6’da Y eksenine göre oluşan uçuş simülasyonunun çıktıları gösterilmektedir.



Şekil 5. Uçuş Sonrası X Eksenini İçin Zaman-Konum Grafiği



Şekil 6. Uçuş Sonrası Y Eksenini İçin Zaman-Konum Grafiği

4. Sonuç

Bu çalışmada pratik olarak tasarlanan bir İHA için ilk olarak gerçek zamanlı uçuş verilerinden Giriş-Çıkış data kümeleri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak Matlab Simulink ortamında System Identification toolbox'ı ile İHA için matematiksel model elde edilmiştir. Elde edilen matematiksel model geliştirilerek insansız hava aracının otonom bir şekilde inişinin gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek seviyeye getirilmiştir. Elde edilen matematiksel model kullanılarak İHA kontrolü için bir optimal PID denetleyici tasarlanmış ve otonom iniş amacıyla başarıyla kullanılmıştır.

Ayrıca İHA için görüntü işleme tabanlı bir otonom iniş sistemi tasarlanmış ve kullanılan görüntü işleme yöntemi sayesinde rüzgârlı veya diğer dış etkenlere rağmen hafif bir sapma ile ineceği yeri doğru bir şekilde belirleyerek inişini gerçekleştirmiştir. Rüzgârlı veya diğer dış etkenler için uygulanan yöntemin geliştirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

- [1] T. Hamel, R. Mahony, R. Lozano & J. Ostrowski. (2002). "Dynamic Modelling and Configuration Stbilization for an X4-Flyer", 15th IFAC Triennial World Congress, Barcelona, Spain
- [2] S. Bouabdallah, A. Noth & R. Siegwart. (2004). "PID vs LQ Control Techniques Applied to an Indoor Micro Quadrotor", Proc. of 2004 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Japan.
- [3] J.K.Bilge Arıkan & A. Güçlü. (2012) " Attitude And Altitude Control Of An Outdoor Quadrotor "
- [4] Alvika Gautam, P.B. Sujit & Srikanth Saripalli. (2014) "A Survey of Autonomous Landing Techniques for UAVs", International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS) May 27-30, Orlando, FL, USA
- [5] Ağın O. & Malaslı Z. (2016). Görüntü işleme tekniklerinin sürdürülebilir tarımdaki yeri ve önemi: Literatür çalışması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 12 (3), 199-206.
- [6] Şin B., Kadioğlu İ. & Sarı T. (2019). Detection and ıdentification of weed by image processing techniques. BIALIC, 7-8 Novamber, s. 40, Lviv Ukraine.
- [7] Ahmet Demiryürek (2018). Bir Dört Pervanelinin Modellenmesi ve Denetimi, Hacettepe Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
- [8] P. Pounds, R. Mahony & P. Corke. (2010). "Modelling and control of a large quadrotor robot," *Control Eng. Pract.*, vol. 18, no. 7, pp. 691–699.
- [9] Bahram Lavi & Sahand Pourhassan Shamchi. (2014). "Auto Landing Process For Autonomous Flying Robot By Using Image Processing Based On Edge Detection", Conference: International Conference on Foundations of Computer Science & Technology



A Novel Electronically Reconfigurable Antenna Design for RFID and GSM 900 MHz Applications

Hacer Danacı^{1*}, Merih Palandöken²

¹ Izmir Katip Celebi University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Turkey.(ORCID: 0000-0000-0000-0000)

² Izmir Katip Celebi University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Turkey.(ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804511)

ATIF/REFERENCE: Danacı, H. & Palandöken, M. (2020). A Novel Electrically Reconfigurable Antenna Design for RFID and GSM 900 MHz Application. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 304-307.

Abstract

In microwave systems, frequency tunable planar antennas have become common place as it is increasingly difficult to cover all the necessary frequency bands required. These antennas are low profile, conformable to planar and nonplanar surfaces, simple and inexpensive to manufacture using modern printed-circuit technology. The work presented in this paper proposes a electronically reconfigurable planar antenna by using only one varactor diode. Varactor diode from Skyworks Solutions Inc. (SVM1251) has been used as tuning element. It provides a tunable capacitance range from 53.65 to 2.79 pF with reverse voltages varying between 0 and 8 V. A 50 Ohm resistor as dummy load, and two 68 pF SMD capacitors are incorporated within the structure in order to protect the DC supply to Network Vector Analyzer from dc current, in addition to having an effect on the size reduction. Proposed antenna operate frequency between 400 MHz and 1116 MHz that include ultra-high frequency (UHF) for radio frequency identification (RFID) and Global Systems for Mobile Communications (GSM) applications. Proposed compact antenna having the overall physical size of 8 mm x 8 mm (0.0203λ x 0.0203 λ) is numerically modeled on FR4 substrate having loss tangent, dielectric constant and height of 0.025, 4.3, and 1.61 mm respectively in the CST Microwave Studio numerical calculation program over the frequency range from 300 MHz to 1.5 GHz. The proposed electrically tunable directional antenna has better return loss level higher than 25 dB with reduced size with novel geometrical structure in the operating frequency between 400 to 1116 MHz.

Keywords: GSM 900 MHz, RFID, Tunable antenna, Size reduction, Varactor diode.

RFID ve GSM 900 MHz Uygulamaları için Elektronik Ayarlanabilir Yeni Bir Anten Tasarımı

Öz

Mikrodalga sistemlerinde, gerekli tüm frekans bantlarını kaplamak giderek zorlaştığından, frekansı ayarlanabilir düzlemsel antenler yaygın bir yer haline gelmiştir. Bu antenler düşük profilli olup, düzlemsel ve düzlemsel olmayan yüzeylere uyumludur, modern baskılı devre teknolojisi kullanılarak üretimleri basit ve ucuzdur. Bu bildiride sunulan çalışma, yalnızca bir varaktör diyot kullanarak elektronik olarak ayarlanabilir bir düzlemsel anten önermektedir. Skyworks Solutions Inc.'den (SVM1251) varaktör diyotu ayar elemanı olarak kullanılmıştır. 0 ile 8 V arasında değişen ters voltajlarla 53,65 ila 2,79 pF arasında ayarlanabilir bir kapasite aralığı sağlar. Kukla yük olarak 50 Ohm direnç ve Network Vector Analizörü DC akımdan korumak ve boyut küçültmek için iki adet 68 pF SMD kapasitör dahil edilmiştir. Önerilen anten, radyo frekansı tanımlama (RFID) uygulamaları için ultra yüksek frekans (UHF) ve Mobil İletişim için Global Sistemler (GSM) bantlarını içeren 400 MHz ile 1116 MHz arasındaki frekansı çalıştırır. Genel fiziksel boyutu 8 mm x 8 mm (0,0203λ x 0,0203 λ) olan önerilen kompakt anten, CST Microwave Studio sayısal hesaplama programında, değeri sırasıyla 0,025, 4,3 ve 1,61 mm'lik kayıp tanjant, dielektrik sabiti ve yüksekliği olan FR4 substratı üzerinde sayısal olarak 300 MHz ila 1.5 GHz frekans aralığında modellenmiştir. Önerilen elektriksel olarak ayarlanabilen yönlü anten, 400 ila 1116 MHz arasındaki çalışma frekansında yeni geometrik yapı ile küçültülmüş boyutta 25 dB'den daha iyi geri dönüş kaybı seviyesine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: GSM 900 MHz, RFID, Ayarlanabilir anten, Boyut küçültme, Varaktör diyot.

1. Introduction

Modern communication systems prefer reconfigurable and tunable planar antennas to accommodate several wireless communication applications in a handheld or portable device [1]. These antennas are low profile, conformable to planar and nonplanar surfaces, simple and inexpensive to manufacture using modern printed-circuit technology, mechanically robust when mounted on rigid

surfaces, compatible with MMIC designs, and when the particular patch shape and mode are selected, they are very versatile in terms of resonant frequency, polarization, pattern, and impedance [2]. Recently, several means have been used for reconfiguration of the antennas such as varactor diode [3-7], copper strip [8], pin diode [9,10], and digitally tunable capacitor (DTC) [11].

Sheta and Mahmoud [9] proposed a tunable patch antenna made of a slotted rectangular patch loaded by a number of posts close to the patch edge. The posts are short circuited to the ground plane via a set of PIN diode switches. In that study, simulations and measurements verify the possibility of tuning the antenna in subbands from 620 to 1150 MHz.

Sharif and others [8] proposed a tunable UHF RFID tag antenna design using Characteristic modes. The proposed design consists of folded-patch and a small inductive feeding loop. The folded-patch is optimized using characteristic modes to resonate around 915 MHz. This tag covers the US RFID band and can be tunable to the European band by adding two copper strips.

Cai, and Cheng [3] proposed for the first time, the design of a novel antenna with continuous control of polarization states. Polarization agility is attained by the adoption of a dual-polarized antenna and a newly developed signal control device (using varactor diodes only). The proposed circuit also features simple control circuitry, potentially wideband, almost zero DC power consumption and is amendable to antenna array realization. For experimental demonstration, the measured results of a 1.8 GHz antenna implemented on microstrip are shown.

Bai and others [11] proposed a novel tunable tri-band antenna for concurrent, multiband, and single chain radio receivers. The antenna is manufactured on a 50×100 mm FR4 printed circuit board, and is able to provide three concurrent, independently tunable operating bands covering a frequency range from 600 MHz to 2.7 GHz. The antenna performance is investigated for both numerical and experimental methods when using, first, varactor diodes and, second, digitally tunable capacitors (DTCs) to tune frequencies, which shows that the antenna gain can be improved by up to 2.6 dBi using DTCs.

The work presented in this paper proposes a reconfigurable planar antenna by using only one varactor diode. Proposed antenna operate frequency between 400 MHz and 1114 MHz that include ultra-high frequency (UHF) for radio frequency identification (RFID) and Global Systems for Mobile Communications (GSM) applications. The antenna size is 8mm x 8mm ($0.0203\lambda \times 0.0203\lambda$).

The paper is organized as follows. The tunable antenna structure, principle of working are presented in the materials and methods section. In the results and discussion section, the simulation results are represented. Section conclusion concludes the paper.

2. Material and Method

2.1. Tunable Antenna Structure

The proposed tunable antenna the circuit configurations is shown in Figure 1. The tunable antenna has been designed on FR4 substrate in the CST Microwave Studio numerical calculation program having loss tangent, dielectric constant and height of 0.025, 4.3, and 1.61 mm respectively. SMD capacitor has been utilized to reduce the overall antenna size.

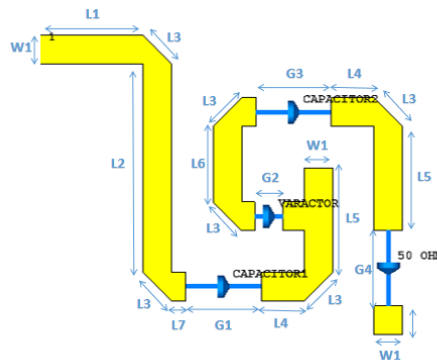


Figure 1. Configuration of the tunable antenna

The circuit parameters and main physical dimension are tabulated in Table 1.

Table 1. Geometrical parameter of the numerical antenna structure with dimension

Symbol	Value (mm)	Symbol	Value (mm)
$L1$	2	$L7$	0.28
$L2$	4	$W1$	0.55
$L3$	0.78	$G1$	1.45
$L4$	0.8	$G2$	0.55
$L5$	2	$G3$	1.45
$L6$	1.45	$G4$	1.45

Varactor diode is from Skyworks Solutions Inc. (SVM1251). It provides a tunable capacitance range from 53.65 to 2.79 pF with reverse voltages varying between 0 and 8 V. Varactor diode is used to ensure tunability of proposed design. One 50 Ohm resistor as dummy load, and two 68 pF SMD capacitors are incorporated within the structure in order to protect the DC supply to Network Vector Analyzer from dc current, in addition to having an effect on the size reduction.

3. Results and Discussion

3.1. Numerical Calculation Results

The tunable antenna has been numerically modeled on FR-4 substrate over the frequency range from 300 MHz to 1.5 GHz by using CST Microwave Studio. Figure 2 exhibit the S-parameters and illustrates good performances for the antenna. The return loss values of electronically tunable antenna are greater than 25 dB as shown in Figure 2 in the entire frequency band between 0.4 to 1.116 GHz as shown in Figure 2.

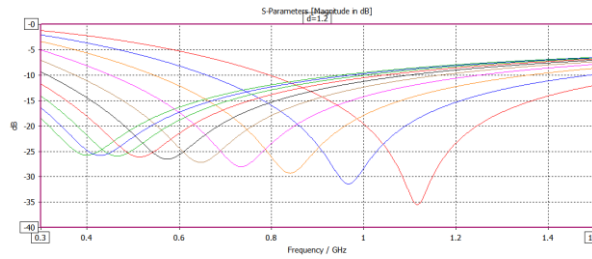


Figure 2. Simulated S11 results of the proposed antenna with

3.1. Discussion

Table 2 compares the RF performance parameters between the proposed antenna structure and referenced antennas. As deduced from Table 2, the proposed electrically tunable directional antenna has better return loss level higher than 25 dB in more reduced size with novel geometry. The proposed antenna utilized only one varactor diode to obtain tunability of frequency.

Table 2. Comparison of RF performance parameters between the proposed antenna structure and proposed antenna

Items	[9]	[8]	[3]	This Work
Tuning Elements	Pin Diode	Copper Strips	Varactor Diode +DTC	Varactor Diode
Return Loss (dB)	>20	>10	>6	>25
Frequency (GHz)	0.62-1.15	0.905-0.928	0.6-1.1	0.4-1.116
Size (mm x mm)	20x24	200x200	50x100	8x8

4. Conclusions and Recommendations

A simple varactor-tuned balanced antenna structure was presented ultra-high frequency (UHF) for radio frequency identification (RFID) applications and Global Systems for Mobile Communications (GSM) applications. The tunable antenna successfully was designed. In this paper, only one tuning element, and single voltage operation is used.

The proposed antenna has a compact size 8 mm x 8 mm (0.0203λ x 0.0203λ), and low return loss higher than 25 dB.

References

- [1] Balanis C. A. (2008). Modern Antenna Handbook. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.
- [2] Balanis C. A.,(2005). Antenna Theory: Analysis and Design. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.
- [3] Cai L., & Cheng K. M. (2016, November). Continuously Tunable Polarization Agile Antenna Design Using a Novel Varactor-Only Signal Control Device, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 16, 1147 - 1150.

- [4] Maharsh D., & Pandit N., Pathak N. (2017, November). Design, Analysis and Characterization of Tunable Dual Band Planar Antenna for WLAN Applications. 2017 IEEE International Conference on Antenna Innovations & Modern Technologies for Ground, Aircraft and Satellite Applications.
- [5] Ghaffar F. A., Shamim A., & Bray J. R. (2014, July). Design Strategy for a Tunable Antenna on a Partially Magnetized Ferrite LTCC Substrate. 2014 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI).
- [6] Rahola J. (2018, March). Design of Frequency Tunable Antennas for Mobile Devices. 2018 International Workshop on Antenna Technology (iWAT).
- [7] Bouezzeddine M., & Schroeder W. L. (2016, July). Design of a Wideband, Tunable 4-port MIMO Antenna System with High Isolation Based on the Theory of Characteristic Modes. IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 64(7).
- [8] Sharif A., Ouyang J., Chattha H. T., & Abbasi Q. H. (2018 July). Tunable Folded-Patch UHF RFID Tag Antenna Design using Theory of Characteristic Modes. 2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting.
- [9] Sheta A., Mahmoud S. F., & Member L. S. (2008, March). A Widely Tunable Compact Patch Antenna. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. 7.
- [10] Sharma S. K. (2013, December). Design Considerations of Reconfigurable and Tunable Planar Antennas. 2013 IEEE Applied Electromagnetics Conference (AEMC).
- [11] Qiang Bai, Ravinder Singh, Kenneth Lee Ford, Timothy O'Farrell, Richard J. Langley, (2017, December). An Independently Tunable Tri-Band Antenna Design for Concurrent Multiband Single Chain Radio Receivers", IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 65(12). 6290 - 6297.



Elektrikli Araç Şarj Cihazlarında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Yükseltici Tip Dönüştürücünün Analizi

Aybüke Özdentürk*, Ramazan Akkaya

*Elektrik-Elektronik Mühendisliği/ Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8282-1934)
Elektrik-Elektronik Mühendisliği/ Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6314-1500)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804561)

ATIF/REFERENCE: Özdentürk, A. & Akkaya, R. (2020). Elektrikli Araç Şarj Cihazlarında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Yükseltici Tip Dönüştürücünün Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 308-314.

Öz

Gelecekte fosil yakıtlı araçların yerini alacağı tahmin edilen elektrikli araç teknolojisinde batarya şarjı en önemli konulardan birisidir. Doğru ve verimli bir şarj işlemi için batarya şarj modülü iyi tasarlanmalı, yaratacağı olumsuz etkiler giderilmelidir. Şarj modülünün olumsuz özelliklerinden birisi bağlı olduğu şebeke üzerinde yaptığı bozucu etkilerdir. Bu etkiler, düşük güç faktörü ve çekilen şebeke akımında oluşan yüksek harmonik distorsiyondur. Bu çalışmada şebekeden çekilen akımın harmonik içeriğinin azaltılması ve bire yakın güç faktörü elde edilmesi amacıyla 1. seviye (3 kW) on board batarya şarjı için yükseltici (boost) tip dönüştürücü içeren tek fazlı Güç Faktörü Düzeltici (PFC) devre yapısı incelendi. Dönüştürücü Matlab/Simulink ortamında simule edildi. Şebeke tarafında oluşan dalga şekillerinin, şebeke akımı harmonik yüzdesi, güç faktörü ve sistemin verim değerlerinin PFC'siz yapıya göre oldukça iyileştirilmiş olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Güç Faktörü, PFC, Yükseltici Dönüştürücü, Harmonik Bozulma

Analysis of Boost Type Converter with Power Factor Correction Used in Electric Vehicle Chargers

Abstract

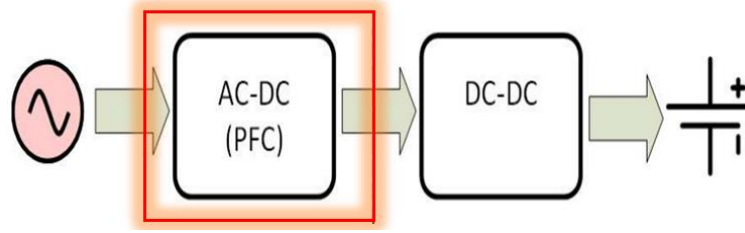
Battery charging is one of the most important issues in electric vehicle technology, which is predicted to replace fossil fuel vehicles in the future. For a correct and efficient charging process, the battery charging module should be well designed and its negative effects should be eliminated. One of the negative features of the charging module is its disruptive effects on the grid to which it is connected. These effects are low power factor and high harmonic distortion in the drawn grid current. In this study, in order to reduce the harmonic content of the current drawn from the grid and to obtain a power factor close to one, the single-phase Power Factor Correct (PFC) circuit structure including a boost type converter for 1st level (3 kW) on board battery charging was examined. The converter was simulated in Matlab / Simulink. It was observed that the waveforms on the grid side, harmonic percentage of the grid current, the power factor and the efficiency values of the system were considerably improved compared to the structure without PFC.

Keywords: Power Factor, PFC, Boost Converter, Harmonic Distortion

1. Giriş

Fosil kökenli yakıtların sınırlı rezervlere sahip olması, yüksek maliyeti, yakılmaları sonucu ortaya çıkan zararlı emisyonlar ve sera gazlarının çevre üzerine etkileri ulaşım sektöründe bir değişimi gerektirmiş ve elektrikli araçlar üzerinde yapılan çalışmaların yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Elektrikli araç teknolojisinin gelişmesinin önündeki en önemli sorunlardan birisi elektrik enerjisinin depo edildiği bataryaların şarj işlemidir. Şarj işlemi gerçekleştirilirken en verimli şekilde ve en kısa sürede şarj hedeflenir. Ancak bu durum sağlanmaya çalışılırken şarj modülü şebekeden sağlıklı bir şekilde enerji çekememeye ve şebekede bozucu etkiler yaratmaya başlar. Doğru bir şarj için bu etkilerin giderilmesi zorunludur.

Şarj işlemi temel olarak iki aşamadan oluşur. İlk aşama şebekeden alınan AC gerilimin doğrultulup DC gerilimin elde edildiği doğrultucu kısımdır. İkinci aşama ise elde edilen DC gerilimin istenilen şarj seviyesine göre regüle edilip bataryaya aktarıldığı DC-DC dönüştürücü kısımdır (Ting et al., 2015). Şebekeye bağlı olan şarj modülü bu dönüşümleri yaparken şebekeden çekilen akımda yüksek harmonik distorsiyona ve birim değerinde olması istenen güç faktörü değerinde düşüşe sebep olur (Monteiro et al., 2017). Bu iki etki de, özellikle elektrikli araçlar gibi yüksek güç değerlerine ihtiyaç duyan yükler bağliyken, şebeke açısından sorun yaratır. Yüksek harmonik distorsiyon ısınmalara, enerji kayıplarına, mekanik elemanların çalışmasında bozulmaya sebep olarak şebekeye bağlı diğer yüklerin çalışmasını olumsuz etkiler. Düşük güç faktörü ise şebekeden çekilen gücün etkin bir şekilde ve verimli olarak kullanılmamasına neden olur. Güç faktörünün düşük olması daha fazla reaktif güç anlamına gelir. Bu olumsuzlukları gidermek için farklı PFC'li aktif devreler kullanılarak doğrultma aşamasında harmonik etki azaltılır ve güç faktörü düzeltilir (Mohanty et al., 2016). Elde edilen doğrultulmuş gerilim bir kondansatör ile filtrelenir. Daha sonra DC-DC dönüştürücü ile regüle edilen gerilim batarya şarjı için kullanılır. Şekil 1'de temel PFC'li şarj yapısı gösterilmiştir (Gong & Powertrain, n.d.).



Şekil 1. Temel PFC'li şarj yapısı

2. Materyal ve Metot

2.1. Güç Faktörünün Düzeltilmesi Ve Akım Harmoniklerinin Azaltılması

Güç faktörünün düzeltilmesi, şebekeden çekilen akım dalga şeklinin sinüse yaklaştırılması ve çekilen reaktif gücün elimine edilmesi demektir. Güç faktörü ($\cos\phi$) değerinin küçük olması şebekeden çekilen reaktif gücün büyük olduğu anlamına gelir. Yani sistem aynı aktif gücün yapacağı iş için şebekeden daha fazla akım çeker. Reaktif gücün azaltılıp, güç faktörünün ($\cos\phi$)'nin yükseltilmesi (1'e) işlemine *güç faktörünün düzeltilmesi (PFC)* denir.

Sinüzoidal olmayan bir kaynaktan çekilen akım, temel bileşen ve harmoniklerden oluşur. Efektif akım (I_f), temel akım (I_{f1}) ve toplam harmonik akım (I_{fth}) olmak üzere,

$$I_f = \sqrt{I_{f1}^2 + I_{fth}^2} \quad (1)$$

I_N , n. harrmonik akım olmak üzere,

$$I_{fth} = \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 \dots + I_N^2} \quad (2)$$

Toplam harmonik distorsiyon:

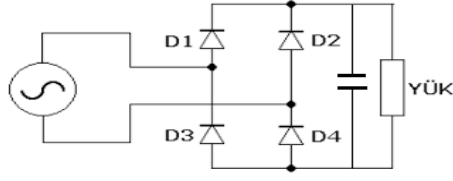
$$THD = \frac{I_{fth}}{I_{f1}} = \sqrt{\sum_{n=2}^N \left(\frac{I_n}{I_{f1}}\right)^2} \quad (3)$$

$$\text{Kayma Faktörü : } DF = \cos\phi_1 \quad (4)$$

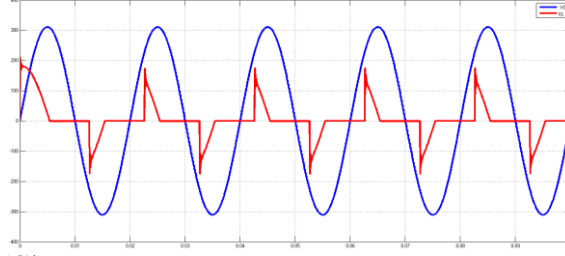
$$\text{Güç faktörü: } PF = \frac{P}{S} = \frac{I_{f1}}{I_f} DF \quad (5)$$

olarak elde edilir.

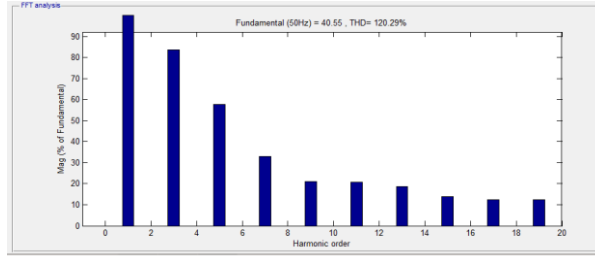
Harmonik içeren sistemlerde (1-5) nolu denklemlerden anlaşılacağı gibi harmonik bileşenlerin artışı güç faktörünü düşürücü etki gösterir. Tasarlanan PFC'li doğrultma devreleri harmonikleri azaltarak girişten sinüs dalga formunda akım çekmeyi ve bire yakın güç faktörü elde etmeyi amaçlar. Şekil 2(a)'da gösterilen tek fazlı köprü doğrultucu Matlab/Simulink ortamında simüle edilmiş, giriş gerilim ve akımlarının değişimleri Şekil2(b)'de, Şekil2(c)'de ise akım sinyalinin harmonik değerleri verilmiştir. Şekil 2(c) 'de görüldüğü gibi bu devrede şebekeden çekilen akımın harmonik distorsiyonu %120'dir. Güç faktörü değeri 0,84, verimi %70'dir. Bu değerler sağlıklı çalışma için kabul edilemez seviyededir. Bu nedenle IEEE 519, IEC 1000-3 ve IEC-6000-3-2 standartlarına uygun şekilde düzenleme yapacak dönüştürücü yapıları kullanılmalıdır. Bu yapıların temelinde ise yükseltici tip PFC devresi vardır.



(a)



(b)



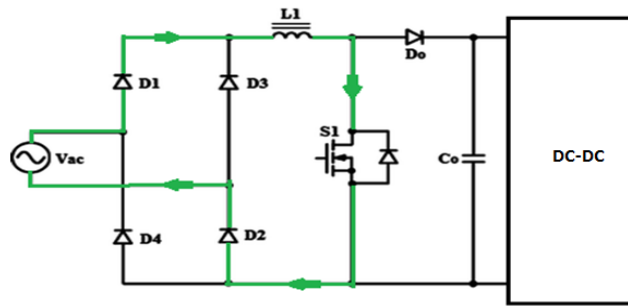
(c)

Şekil 2. a) Köprü doğrultucu devre şeması b) Giriş gerilimi ve giriş akımı değişimi c) Giriş akımı harmonik bileşen yüzdesi

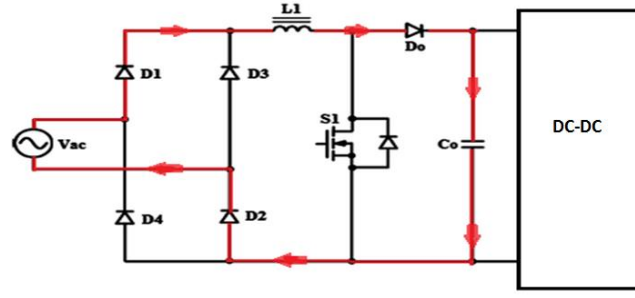
2.2. Yükseltici Tip PFC Dönüştürücü

2.2.1.Devrenin Çalışma Modları

En fazla kullanılan tek yönlü aktif doğrultucu PFC devresidir. Şekil 3'te görüldüğü gibi bir diyot köprü devresinin ardına eklenen yükseltici tip bir DC-DC dönüştürücüdür. Şekil 3(a)'da kaynağın pozitif yarım periyodunda S1 anahtarı iletimdeyken devrenin çalışma yapısı gösterilmiştir. D1 ve D2 diyotları üzerinden dolaşan akım L1 bobinini şarj eder. Çıkış kondansatörü yükü besler. S1 anahtarı kesime girince Şekil 3(b)'de gösterilen çalışma gerçekleşir. Kaynak ve L1 bobini yükü besler, L1 deşarj olurken çıkış kondansatörü şarj olur. Negatif yarım periyotta ise D3 ve D4 diyotları üzerinden aynı durum tekrarlanır. Boost dönüştürücünün ön uç indüktörü nedeniyle giriş akımı sürekli ve pürüzsüzdür. Çıkış kondansatörü çıkış gerilimi üzerindeki dengesizlikleri azaltır.



(a)



(b)

Şekil 3. Pozitif yarım periyotta çalışma devre şemaları a) Anahtar on durumunda b) Anahtar off durumunda

Yükseltici tip PFC devresinin önemli özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Praneeth & Williamson, 2018)(Musavi et al., 2010).

- Tek bir anahtar kullanıldığından kontrolü ve dizaynı kolaydır.
- Eleman sayısı azdır.
- Güç faktörünü ideale yakın düzeltir.
- Çıkış gerilimi, daima giriş gerilimi tepe değerinden büyüktür.
- Diğer PFC devreleriyle karşılaştırıldığında çıkış kondansatörü akım dalgalanmaları daha yüksektir. Elemanlarda yüksek gerilim stresi vardır.
- Köprüsüz PFC devreleriyle karşılaştırıldığında köprü doğrultucu barındırdığından küçük güç değerlerinde daha verimli çalışır. Çünkü yüksek güçlerde diyotların ters toparlanma süresi daha fazla ısı yayılımına sebep olur, kayıplar artar verim düşer.
- Sayılan bazı negatif özelliklerine rağmen klasik yükseltici yapısı PFC' nin temelidir.

2.2.2. Devre Elemanlarının Belirlenmesi

Devrede kullanacak elemanların özellikle endüktör değerinin belirlenmesi dönüştürücünün doğru çalışmasını etkileyen en önemli noktadır. Bu parametrelerin belirlenmesinde aşağıdaki denklemler kullanılmıştır (Musavi et al., 2010). V_C çıkış gerilimi, V_{Gm} giriş gerilimi tepe değeri olmak üzere D anahtar kapı sinyalinin görev oranı :

$$D = \frac{V_C - V_{Gm}}{V_C} \quad (6)$$

P_C çıkış gücü, P_G giriş gücü, η verim olmak üzere giriş akımı tepe değeri:

$$I_{Gm} = \frac{\sqrt{2} * P_C}{\eta * V_G} \quad (7)$$

$$P_G = \frac{P_C}{\eta} \quad (8)$$

$\%I_L$ endüktör akımının dalgalanma yüzdesi olmak üzere akım dalgalanma miktarı:

$$\Delta I_L = \%I_L * I_{Gm} \quad (9)$$

Endüktör değeri:

$$L_1 = \frac{V_{Gm} * D}{f_s * \Delta I_L} \quad (10)$$

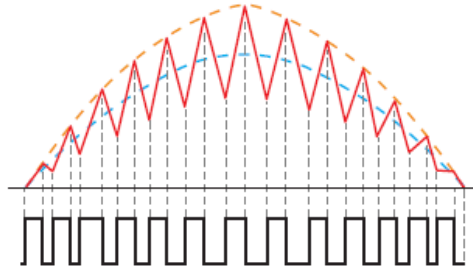
Burada f_s anahtarlama frekansıdır. Anahtarlama frekansı arttıkça bobin değeri düşer. Δt girişe uygulanan gerilimin frekansına bağlı olarak ayarlanmak üzere çıkış kondansatörü C_C :

$$C_C = \frac{2 * P_C * \Delta t}{V_C^2 - V_{Gm}^2} \quad (11)$$

Olarak verilir ve çıkış dalgalılığını azaltmak için kullanılır, C_C değeri büyüdükçe çıkış dalgalanma miktarı azalır ancak giriş akımında oluşan harmonik artar.

2.2.3. Kontrol Yöntemi

DC-DC dönüştürücülerde, tepe akım kontrolü, ortalama akım kontrolü, histerisiz kontrol gibi kontrol yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada daha iyi giriş akımı elde edilebildiği için ortalama akım kontrolü yöntemi tercih edilmiştir. Kontrol yapısında biri iç biri dış olmak üzere iki kontrol çevrimi vardır. Çıkıştan ölçülen gerilim, referans gerilim değeriyle karşılaştırılır ve daha sonra PI kontrol uygulanır. Kontrolör çıkışı ile köprü doğrultucu çıkış gerilimi çarpılır ve referans akım elde edilir. Bu dış çevrimden elde edilen sonuç referans akım değeri olarak iç kontrol çevriminde ölçülen bobin akımıyla karşılaştırılır. Buradan elde edilen hata, üçgen taşıyıcı dalgayla karşılaştırılarak anahtarların kapı sinyalleri oluşturulur (Ancuti et al., 2014). Bu şekilde çıkışta sabit gerilim, girişte ise sinüzoidal akım elde edilecek şekilde kontrol tamamlanır. Sürekli akım modu, kesintili akım modu, kritik mod olmak üzere farklı modlarda çalışma sağlanır (Inamdar et al., 2019). Sürekli akım modunda çalışma için bobin akımının grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir. Bu modların belirlenmesinde anahtarın görev oranı D rol oynar. Sürekli akım modunda akım değeri sıfıra inmez ve Şekil 4'te görüldüğü gibi sürekli dir.



Şekil 4. Sürekli akım modunda bobin akımı ve anahtar kapı sinyali

2.3. Yükseltici Tip Pfc Dönüştürücü Simülasyon Çalışmaları

Bu çalışmada, seviye 1 batarya şarjı için uygun olan 3 kW çıkış gücü, $440 \pm 5\%$ V sabit çıkış gerilimi elde edilecek şekilde yükseltici PFC devresi analiz edildi. Ortalama akım kontrol yöntemi ile kontrol gerçekleştirildi. (6-11) nolu denklemler yardımıyla devrede kullanılacak parametreler belirlendi. 45 kHz anahtarlama frekansında hesaplanan parametreler Tablo 1'de gösterilmiştir.

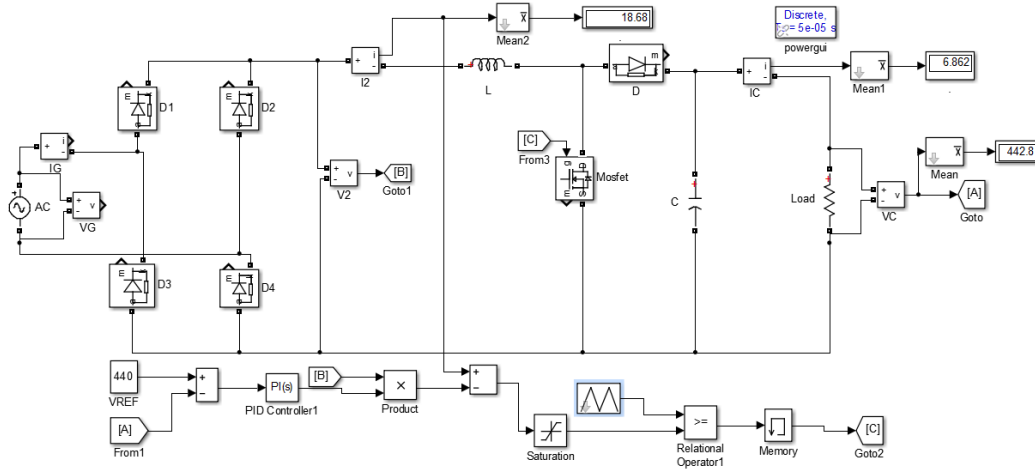
Tablo 1. Hesaplanan parametreler

V_C	L_1	C_C	f_s
440 V	4,8 mH	820 μ F	45 kHz

2.3.1. Bulgular

Şekil 5'te Matlab/Simulink ortamında kurulan devre ve kontrol yapısı gösterilmiştir. Şekildeki devrenin çıkışından 6,86 A akım ve 442 V çıkış gerilimi ölçülmüştür.

Şekil 6'da giriş gerilimi, giriş akımı ve çıkış gerilimi dalga şekilleri verilmiştir. Giriş akımı amaçlandığı gibi sinüs şeklindedir ve giriş gerilimini takip etmektedir. Çıkış gerilimi, referans gerilim değerini yakalamış ve gerilim dalgalanması 10 V civarındadır. Giriş akımı THD değeri Şekil 7'de gösterildiği gibi %6,52 olarak elde edilmiştir.

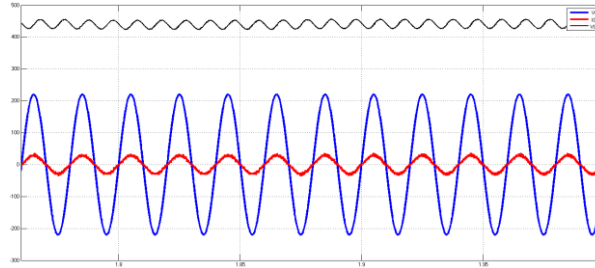


Şekil 5. Matlab/Simulink'te klasik boost pfc devre modeli

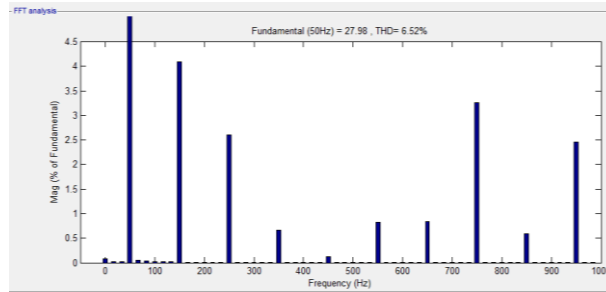
Tablo 1'de ki verilere göre tasarlanan yükseltici tip PFC devresi simülasyonu sonucunda Tablo 2'de gösterilen verim ve güç faktörü değerlerine ulaşılmıştır.

Tablo 2. Tasarlanan devrenin verim, THD ve güç faktörü değerleri.

P _Ç	3037
P _G	3167
Güç Faktörü	0,998
Verim	%96
THD	%6,52



Şekil 6. Giriş gerilimi, giriş akımı ve çıkış gerilimi dalga şekilleri



Şekil 7. Giriş akımı harmonik içeriği

4. Sonuç

Bu çalışmada, batarya şarjında kullanılan dönüştürücülerin şebeke üzerinde yaptığı olumsuz etkilerin giderilmesi için tasarlanan yükseltici (boost) tipi PFC devresi analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları PFC li olmayan doğrultucu ile karşılaştırıldığında verim değerinin arttığı, giriş akımının sinüs şeklinde olduğu ve THD'sinin %120'den % 6,52'ye düştüğü, güç faktörü değerinin 0,99'a

ulaştığı görüldü. Bu analiz sonucunda boost tipi PFC dönüştürücü yapısının AC şebekeden çekilen akımın THD'sini önemli ölçüde azalttığı ve güç faktörünü iyileştirdiği böylece elektrikli araç batarya şarjları için kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.

Kaynakça

- Akın, B. (2012). Elektrikli Arabalarda Kullanılan Li - ion Akülerin Tek Fazdan Hızlı ve Verimli Şarjı için Güç Faktörü Düzeltmeli Yükselticilerin Karşılaştırması. *EMO Bilimsel Dergi, Cilt 2, Sayı 4*.
- Ancuti, M. C., Svoboda, M., Musuroi, S., Hedes, A., Olarescu, N. V., & Wienmann, M. (2014). Boost interleaved PFC versus bridgeless boost interleaved PFC converter performance/efficiency analysis. *2014 International Conference on Applied and Theoretical Electricity, ICATE 2014 - Proceedings*, 2–7. <https://doi.org/10.1109/ICATE.2014.6972651>
- Gong, X., & Powertrain, S. E. M. (n.d.). *Designing 6 . 6kW Bidirectional HEV / EV On- Board-Charger with SiC and Embedded Technologies*.
- Inamdar, S., Thosar, A., & Mante, S. (2019). Literature Review of 3.3kW on Board Charger Topologies. *Proceedings of the 3rd International Conference on Electronics and Communication and Aerospace Technology, ICECA 2019*, 276–281. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2019.8822063>
- Mohanty, P. R., Panda, A. K., & Das, D. (2016). An active PFC boost converter topology for power factor correction. *12th IEEE International Conference Electronics, Energy, Environment, Communication, Computer, Control: (E3-C3), INDICON 2015*. <https://doi.org/10.1109/INDICON.2015.7443118>
- Monteiro, V., Pinto, J. G., Fernandes, J. C. A., & Afonso, J. L. (2017). Experimental comparison of single-phase active rectifiers for EV battery chargers. *VEHITS 2017 - Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, Vehits*, 419–425. <https://doi.org/10.5220/0006391804190425>
- Musavi, F., Eberle, W., & Dunford, W. G. (2010). Efficiency evaluation of single-phase solutions for AC-DC PFC boost converters for plug-in-hybrid electric vehicle battery chargers. *2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2010*. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2010.5729187>
- Praneeth, A. V. J. S., & Williamson, S. S. (2018). A Review of Front End AC-DC Topologies in Universal Battery Charger for Electric Transportation. *2018 IEEE Transportation and Electrification Conference and Expo, ITEC 2018*, 916–921. <https://doi.org/10.1109/ITEC.2018.8450186>
- Ting, N. S., Aksoy, İ., & Şahin, Y. (2015). *Elektrikli Araçların Batarya Şarjında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Klasik Ve Interleaved Yükseltici Türü Dönüştürücülerin Karşılaştırılması*. 1–6.



Classification of Sleep Stages Using PSG Recording Signals

Yasin Koca¹, Seral Özşen^{2*}, Fatma Z. Göğüş³, Gülay Tezel⁴, Serkan Küçüktürk⁵, Hülya Vatansev⁶

¹ Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya Tech. Univ. Konya, Turkey

^{2*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya Tech. Univ. Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-5332-8665)

³ Department of Computer Engineering, Konya Tech. Univ. Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-5035-7575)

⁴ Department of Computer Engineering, Konya Tech. Univ. Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-1698-0106)

⁵ Sleep Laboratory, Faculty of Medicine, Necmettin Erbakan Univ. Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-8445-666X)

⁶ Sleep Laboratory, Faculty of Medicine, Necmettin Erbakan Univ. Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-8382-3904)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804709)

ATIF/REFERENCE: Koca, Y., Özşen, S., Göğüş, F. Z., Tezel, G., Küçüktürk, S. & Vatansev, H. (2020). Classification of Sleep Stages Using PSG Recording Signals. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 315-321.

Abstract

Automatic sleep staging is aimed within the scope of this paper. Sleep staging is a study by a sleep specialist. Since this process takes quite a long time and sleep is a method based on the knowledge and experience, it is inevitable for each person to show different results. For this, an automatic sleep staging method has been introduced. In the study, EEG (Electroencephalogram), EOG (Electrooculogram), EMG (Electromyogram) data recorded by PSG (Polysomnography) device for seven patients in Necmettin Erbakan University sleep laboratory were used. 81 different features were taken from the data in time and frequency environment. Also, PCA (Principal component analysis) and SFS (Sequential forward selection) feature selection methods were used. The classification success of the sleep phases in different machine learning methods was measured by using the received features. Linear D. (Linear Discriminant Analysis), Cubic SVM (Support vector machine), Weighted kNN (k nearest neighbor), Bagged Trees, ANN (Artificial neural network) were used as classifiers. System success was achieved with a 5 fold cross-validation method. Accuracy rates obtained were respectively 55.6%, 65.8%, 67%, 72.1%, and 69.1%.

Keywords: PSG, Sleep Stages, EEG, EOG, EMG, Bagged Trees.

PSG Kayıt Sinyalleri Kullanılarak Uyku Evrelerinin Sınıflandırılması

Öz

Bu çalışma kapsamında uyku evrelerinin sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Uyku evreleme uyku uzmanları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmadır. Bu süreç oldukça uzun sürdüğü ve uyku bilgi ve deneyimine dayalı olduğu için her bir kişi için farklı sonuçlar göstermesi kaçınılmazdır. Bunun için, otomatik uyku evreleme yöntemi tanıtılmıştır. Çalışmada Necmettin Erbakan Üniversitesi uyku laboratuvarındaki yedi hasta için PSG (Polisomnografi) cihazı ile kaydedilen EEG (Elektroensefalogram), EOG (Elektrookulogram), EMG (Elektromyogram) verileri kullanılmıştır. Verilerden zaman ve frekans ortamlarında 81 farklı özellik elde edilmiştir. Ayrıca, temel bileşen analizi (Principal component analysis -PCA) ve sıralı ileri seçim (Sequential forward selection-SFS) özellik seçme yöntemleri kullanılmıştır. Uyku evrelerinin sınıflandırma başarıları farklı makine öğrenmesi yöntemleri ve elde edilen özellikler kullanılarak ölçülmüştür. Sınıflandırıcı olarak Doğrusal D. (Doğrusal Diskriminant Analizi), Kübik SVM (Destek vektör makinesi), Ağırlıklı kNN (k en yakın komşu), Torbalı Ağaçlar, YSA (Yapay sinir ağı) kullanılmıştır. Sistem başarısı 5-kat çarpraz doğrulama ile elde edilmiştir. Elde edilen doğruluk oranları sırasıyla % 55.6, % 65.8, % 67, % 72.1 ve % 69.1'dir.

Anahtar Kelimeler: PSG, Uyku Evreleme, EEG, EOG, EMG, Torbalı Ağaçlar.

* Corresponding Author: Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey, ORCID: 0000-0001-5332-8665, sozsen@ktun.edu.tr

1. Introduction

The process of sleep staging is carried out by an expert by examining the electroencephalogram (EEG), the electrooculogram (EOG), and electromyogram (EMG), electrocardiogram (EKG) tracings received from patients throughout the night (6-8 hours) and some other signals and by identifying stages of sleep in different parts of time called epoch (30-second parts). The process is executed by a sleep expert and takes quite a long time. Making these processes done automatically reduces processing load and provides convenience for sleep expert in the diagnosis process and shortens the diagnosis period. Among the signals examined, Elektroensefalogram (EEG), right and left eye Elektrookülogram (EOG) and the chin Elektromiyogram (EMG) signals are the most frequently used ones (Iber, Ancoli-Israel, Chesson & Quan, 2007).

In spite of fact that EEG, EOG and EMG tracings are used basically in sleep staging, especially the density of EEG signal in staging process and the power in detecting stages higher than the other signals. There are five sleep stages: Awake (W), Non-REM1, Non-REM2, Non-REM3 and REM (Iber, Ancoli-Israel, Chesson & Quan, 2007).

In literature, many scientific researches has been done using automatic sleep staging methods relating to sleep staging process. Among them, Yücelbaş et al. (2015) went for the purification of EEG signals for a healthy evaluation due to the noises of EEG, EOG, EMG signals during recording and measured the staging success between the pure EEG signal and the impure EEG signal using ANN (Yücelbaş et al., 2015). Huang et al. (2020) have suggested a signal pre-processing and feature scanning method. They classified the features which are obtained with SVM method (Huang et al., 2020). Jiang et al. (2019) in the study, has presented multimode signal decomposition and feature extraction in order to obtain effective features from sub-band signals of single-channel EEG data (Jiang, Lu, Ma & Wang, 2019). Liu et al. (2020) in order to combine spectral information, have visualized sleep dynamics by employing diffusion geometry based sensor fusion algorithm and suggested an algorithm for automatic sleep staging (Liu, Lo, Malik, Sheu & Wu, 2020). Diykh et al. (2020) has divided each epoch of EEG signal into the blocks using sliding window technique and has extracted statistical features and presented to least-squares support-vector machine (LS-SVM) classifier (Diykh, Li & Abdulla, 2020). Abdulla et al. (2019) proposed a technique to classify sleep phases by using correlation graphics from sleep EEG signals (Abdulla, Diykh, Laft, Saleh & Deo, 2019). Fan (2018) has proposed automatic sleep staging system using combination of Multi scale entropy (MSE) and Principal components Analysis (PCA) (Fan, 2018). Savareh et al. (2018) used wavelet tree analysis (Savareh, Bashiri, Behmanesh, Meftahi & Hatf).

In this study, the process of classification sleep stages has been performed using Linear D., Cubic SVM, Weigted kNN, Bagged Trees, ANN. The performances of these methods in sleep stage classification has been evaluated.

2. Material and Method

2.1. Data Used

In the study, PSG (Polysomnography) recording data sampled with 200 Hz sampling frequency of 7 people recorded in the sleep laboratory of Necmettin Erbakan University Meram Medical Faculty was used. Taken from 7 patients; EEG signal (0.5-35 Hz bandpass filter Butterworth, 6th order), EMG signal (1-45 Hz bandpass filter Butterworth, 6th order), R / LEOG signal (0.3-30 Hz bandpass filter Butterworth, 6th degrees) filtered and divided into epochs. 6000 data correspond to each 30 sec epoch of the signal recorded with 200 Hz. The distribution of the total number of epochs for all signal recordings (EEG, REOG, LEOG, and EMG) by stages is given in Table 1.

Table 1. Distribution of sleep stages

Stages	Number of epoch
Awake(W)	1072
Non-REM1(N1)	420
Non-REM2(N2)	2863
Non-REM3(N3/SWS)	385
REM	650
Total	5390

For the classification process to proceed in a healthy way, 400 epochs randomly selected from other stages were taken on the basis of N3 (385) stage, which has the lowest epochs number of sleep stages. Thus, it is aimed to minimize the effect of stages on each other during the classification stage.

2.2. Frequency Estimation Methods

Plotting a signal in the time domain is expressed in time-amplitude representation. But depending on the nature of the signals, often discernible important information is kept secret in frequency components. In the study, features were extracted from all signal records (EEG, REOG, LEOG, EMG) in time and frequency environment. Welch method, which is one of the spectrum estimation methods, was used for all signal records in the frequency environment.

Welch Method: In this method, the signal whose frequency spectrum is to be estimated is divided into overlapping (or not overlapping) windows. The FFT (Fast Fourier Transform) of each signal particle passed through the window is taken and the average of the FFTs of all windows gives the spectrum of the actual signal. The factors that affect performance are window type, window length and overlap amount (Welch, 1967).

2.3. Feature extraction and classification system

The block diagram of the system used for the classification of sleep stages is shown in Figure 1.



Figure 1. The block diagram of for automatic sleep staging

2.3.1. Feature generation

Features in Table 2 were generated from the EEG signal.

Table 2. Features of EEG signals

Number	Feature
1	Mean value of the EEG signal in time domain
2	Standard deviation of the EEG signal in time domain
3	Skewness of the EEG signal in time domain
4	Kurthosis of the EEG signal in time domain
5	Energy of the EEG signal in time domain
6	Hjorth mobility of the EEG signal in time domain (Hjorth, 1970)
7	Hjorth complexity of the EEG signal in time domain (Hjorth, 1970)
8	Sum of the powers of frequencies in alpha band (8-12Hz)
9	Sum of the powers of frequencies in Beta band (12-16Hz)
10	Sum of the powers of frequencies in theta band (4-8Hz)
11	Sum of powers of frequencies in delta band (0-8Hz)
12	Sum of powers of frequencies in 12–14 Hz (for sleep spindle detection)
13	Relative powers of frequencies in alpha band that is power of alpha band/power of whole spectrum
14	Relative powers of frequencies in beta band that is power of beta band/power of whole spectrum
15	Relative powers of frequencies in theta band that is power of theta band/power of whole spectrum
16	Relative powers of frequencies in delta band that is power of delta band/power of whole spectrum
17	Relative powers of frequencies in Spindle freq. band that is power of Spindle freq. band/power of whole spectrum
18	Power of alpha band in related epoch/power of alpha band in previous epoch
19	Power of beta band in related epoch/power of beta band in previous epoch
20	Power of theta band in related epoch/power of theta band in previous epoch
21	Power of delta band in related epoch/power of delta band in previous epoch
22	Power of Spindle freq. band in related epoch/power of Spindle ferq. band in previous epoch
23	Mean value of the EEG signal in frequency domain
24	Standard deviation of the EEG signal in frequency domain
25	Sum of the powers in frequency spectrum of EEG signal
26	Skewness of the left EEG signal in frequency domain
27	Kurthosis of the left EEG signal in frequency domain

Features generated from the Left/ Right and F (LEOG-REOG) EOG signal are shown in Table 3.

Table 3. Features of EOG signals

Number	Feature
28	Mean value of the L-EOG signal in time domain
29	Standard deviation of the L-EOG signal in time domain
30	Skewness of the L-EOG signal in time domain
31	Kurthosis of the L-EOG signal in time domain
32	Energy of the L-EOG signal in time domain
33	Hjorth mobility of the L-EOG signal in time domain
34	Hjorth complexity of the L-EOG signal in time domain
35	Mean value of the R-EOG signal in time domain
36	Standard deviation of the R-EOG signal in time domain
37	Skewness of the R-EOG signal in time domain
38	Kurthosis of the R-EOG signal in time domain
39	Energy of the R-EOG signal in time domain
40	Hjorth mobility of the R-EOG signal in time domain
41	Hjorth complexity of the R-EOG signal in time domain
42	Mean value of the F-EOG signal in time domain
43	Standard deviation of the F-EOG signal in time domain
44	Skewness of the F-EOG signal in time domain
45	Kurthosis of the F-EOG signal in time domain
46	Energy of the F-EOG signal in time domain
47	Hjorth mobility of the F-EOG signal in time domain
48	Hjorth complexity of the F-EOG signal in time domain
49	Sum of the powers of frequencies in 0,5–2 Hz for L-EOG
50	Relative powers of frequencies in 0,5–2 Hz that is power of 0,5–2 Hz/power of whole spectrum, for L-EOG
51	Power of 0,5-2Hz, band in related epoch/power of 0,5-2Hz band in previous epoch, for L-EOG
52	Mean value of the L-EOG signal in frequency domain
53	Standard deviation of the L-EOG signal in frequency domain
54	Sum of the powers in frequency spectrum of L-EOG signal
55	Skewness of the L-EOG signal in frequency domain
56	Kurthosis of the L-EOG signal in frequency domain
57	Sum of the powers of frequencies in 0,5–2 Hz for R-EOG
58	Relative powers of frequencies in 0,5–2 Hz that is power of 0,5–2 Hz/power of whole spectrum, for R-EOG
59	Power of 0,5-2Hz, band in related epoch/power of 0,5-2Hz band in previous epoch, for R-EOG
60	Mean value of the R-EOG signal in frequency domain
61	Standard deviation of the R-EOG signal in frequency domain
62	Sum of the powers in frequency spectrum of R-EOG signal
63	Skewness of the R-EOG signal in frequency domain
64	Kurthosis of the R-EOG signal in frequency domain
65	Sum of the powers of frequencies in 0,5–2 Hz for F-EOG
66	Relative powers of frequencies in 0,5–2 Hz that is power of 0,5–2 Hz/power of whole spectrum, for F-EOG
67	Power of 0,5-2Hz, band in related epoch/power of 0,5-2Hz band in previous epoch, for F-EOG
68	Mean value of the F-EOG signal in frequency domain
69	Standard deviation of the F-EOG signal in frequency domain
70	Sum of the powers in frequency spectrum of F-EOG signal
71	Skewness of the F-EOG signal in frequency domain
72	Kurthosis of the F-EOG signal in frequency domain

Table 4 presents features generated from the EMG signal.

Table 4. Features of EMG signals

Number	Feature
73	Mean value of the EMG signal in time domain
74	Standard deviation of the EMG signal in time domain
75	Skewness of the EMG signal in time domain
76	Kurthosis of the EMG signal in time domain
77	Energy of the EMG signal in time domain
78	Hjorth mobility of the EMG signal in time domain
79	Hjorth complexity of the EMG signal in time domain
80	Sum of the powers in frequency spectrum of EMGsignal
81	The power of EMG signal in frequency domain for that epoch/The power of EMG signal in frequency domain for next epoch

2.3.2. Feature selection

Feature reduction was performed with PCA (Principal Component Analysis) (Smith, 2002) and SFS (Sequential forward selection) (Whitney, 1971) in order to determine the most appropriate feature number among the 81 features obtained. The classification process with PCA was carried out for 6, 8, 10... 20 features, respectively. 15 features have been determined with SFS. The best classification performance was tried to be achieved with the selected features.

3. Results and Discussion

In this study, 81 different features were obtained by Welch method in time and frequency environment for automatic sleep staging. PCA and SFS methods were used to increase system classification performance. Matlab, Classification Learn and Neural Network toolboxes were used to evaluate the classification performance of the obtained properties. Table 5 shows the classification success results for 81 features

Table 5. Classification success results for 81 features

Classifier	Accuracy(%)	Sensitivity (%)				Precision (%)				
		W	N1	N2	N3	REM	W	N1	N2	N3
Linear D.	55,6	45				55				
		44				41				
		52				42				
		66				79				
		72				68				
SVM (Cubic)	65,8	60				62				
		67				59				
		47				50				
		75				75				
		81				83				
kNN(Weigted)	67	60				67				
		73				62				
		43				60				
		76				72				
		83				72				
Bagged Trees	72,6	69				71				
		70				67				
		56				63				
		83				78				
		86				82				
ANN	69,1	60				69				
		61				58				
		57				62				
		85				77				
		83				79				

If we look at the classification success of the 81 features in Table 5; we see the highest accuracy in the Bagged Trees algorithm. Then high success is seen in ANN. If we look at the sensitivity of class in the classification of 81 features, we see that N3 and REM phases are classified with a very good sensitivity. If we look at general Sensitivity, we see that the Bagged Trees algorithm gives the best sensitivity. If we look at the precision values, it is seen that the N3 and REM phases are still at high rates on the basis of class. Bagged Trees method gives the highest precision value among the methods used.

When we look at the table in general, we see that the Bagged Trees algorithm gives the best success among the methods as the highest accuracy, sensitivity and precision rates.

Classification results of 81 properties and properties selected with PCA are given in Figure 2, Sensitivity and Precision values are given in Figure 3 and Figure 4. Figure 5 shows the Accuracy rates for 15 features selected with SFS.

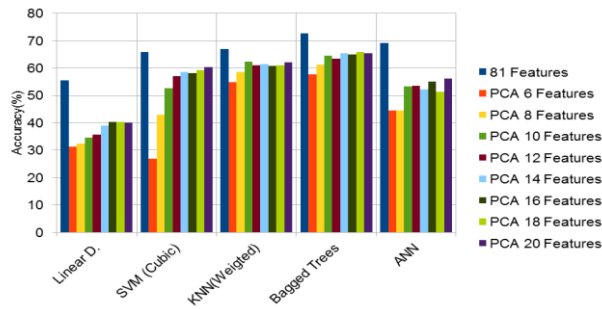


Figure 2. 81 features and PCA accuracy values

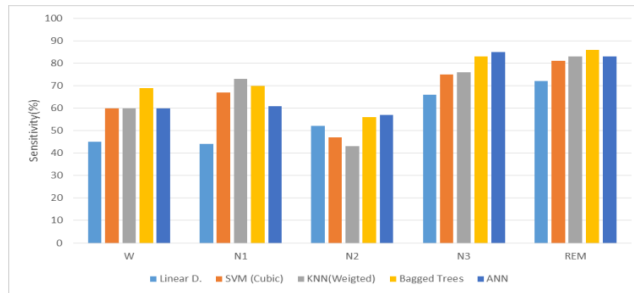


Figure 3. Sensitivity rates for each class

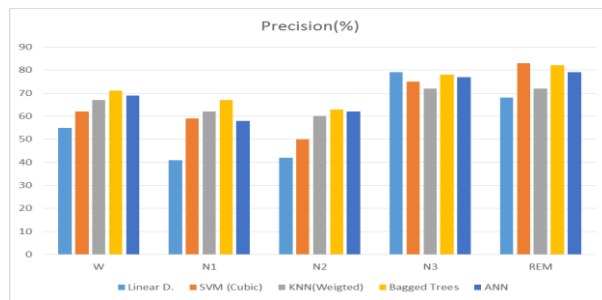


Figure 4. Precision rates for each class

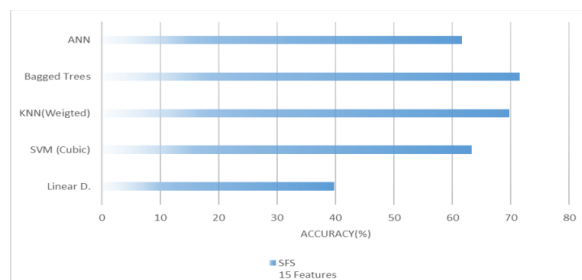


Figure 5. Accuracy rates for 15 features selected with SFS

In Figure 2, if we look at the status of 81 features and the features selected with PCA, it is seen that 81 features show high accuracy success.

When we look at Figure 3, the best classification in terms of sensitivity is seen in the REM stage and we see that the method that classifies the REM stage with the best sensitivity is Bagged Trees. When we look at the N3 stage, we see the best sensitivity rate in the ANN method. It is seen that the universe where the methods used have the lowest sensitivity is N2.

In Figure 4, we see that the applied methods classify the N3 and REM stages with high precision. If we look at the REM phase, we see that the method that classifies the highest is SVM (Cubic).

The SFS method was used to select the most suitable feature among the 81 features we extracted and the most suitable success was achieved with 15 features. In the SFS method, the most suitable feature search process starts with a blank feature set. As a result of the evaluation (the accuracy rate obtained with the kNN algorithm was used.) The best feature is added to the subset. Adding that feature continues until the stop criteria are met.

As a result of SFS transaction; 11, 7, 2, 65, 36, 41, 34, 63, 55, 57, 21, 10, 50, 33, 40 numbered features were obtained. When we look at Figure 5, we see the accuracy rate of 15 features selected by the SFS method. Here we see that the highest accuracy rate is

taken by the Bagged Trees method. Confusion Matrix is given for the highest accuracy achieved in Table 6. Maximum values are given in bold.

Table 6. Classification success results for 81 features

		Predicted Class					
		W	N1	N2	N3	REM	
True Class	W	272	58	36	11	23	68%
	N1	70	266	35	13	16	67%
	N2	42	52	227	47	32	57%
	N3	9	14	26	331	5	86%
	REM	26	15	20	3	336	84%
		65%	66%	66%	82%	82%	72.1%

When we look at the confusion matrix in Table 6, we see that the Bagged Trees method achieved 72.1% accuracy with 15 features. If we examine the Bagged Trees method on a class basis, it shows the highest sensitivity in N3 stage and the highest precision in N3 and REM stages.

4. Conclusions

As can be seen in Figure 2, the best classification success appears for 81 features. When PCA is applied, the success of the system is generally expected to increase, but this has not been the case in this data set. The reason is the relation of the data that the classes have. Data loss is noticeable when applying PCA. It has been observed that the success in the PCA has increased with the increase of the features processed. It can be seen in Figure 5 that the 15 features selected with SFS give close results with 81 feature accuracy rates. When we look at all classes as Accuracy, Sensitivity and Precision, we can say that the Bagged Trees algorithm is the most successful algorithm in this study.

References

Abdulla, S., Diykh, M., Laft, R. L., Saleh, K., & Deo, R. C. (2019). Sleep EEG signal analysis based on correlation graph similarity coupled with an ensemble extreme machine learning algorithm. *Expert Systems With Applications*, vol. 138. DOI:https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.07.007

Diykh, M., Li, Y., & Abdulla, S. (2020). EEG sleep stages identification based on weighted undirected complex networks. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 184. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.105116.

Fan, Y. (2018). Research on Feature Extraction of EEG Signals using MSE-PCA and Sleep Staging. 2018 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC), Qingdao, pp. 1-5, DOI:10.1109/ICSPCC.2018.8567757.

Hjorth, B. (1970). EEG analysis based on time domain properties. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 29, issue. 3, pp. 306–310. DOI: 10.1016/0013-4694(70)90143-4

Huang, W., Guo, B., Shen, Y., Tang, X., Zhang, T., Li, D., & Zhonghui J. (2020). Sleep staging algorithm based on multichannel data adding and multifeature screening. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol.187. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.105253.

Iber, C., Ancoli-Israel, S., Chesson, A. L., & Quan, S. L. (2007). *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications*. American Academy of Sleep Medicine, Westchester, 2007.

Jiang, D., Lu, Y., Ma, Y., & Wang, Y. (2019). Robust sleep stage classification with single-channel EEG signals using multimodal decomposition and HMM-based refinement. *Expert Systems With Applications*, vol. 121, pp. 188–203. DOI:https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.023

Liu, G. R., Lo, Y. L., Malik, J., Sheu, Y. C., & Wu, H. T. (2020). Diffuse to fuse EEG spectra – Intrinsic geometry of sleep dynamics for classification. *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 55. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.101576.

Savareh, B. A., Bashiri, A., Behmanesh, A., Meftahi, G. H., & Hatef, B. (2018). Performance comparison of machine learning techniques in sleep scoring based on wavelet features and neighboring component analysis. *PeerJ*. DOI 10.7717/peerj.5247

Smith, L. I. (2002). A tutorial on Principal Components Analysis. http://www.sccg.sk/~haladova/principal_components.pdf

Welch, P. D. (1967). The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms. *IEEE Trans. Audio Electroacoust*, vol. AU-15 (June 1967). pp. 70-73. DOI:10.1109/TAU.1967.1161901

Whitney, A. W. (1971). A Direct Method of Nonparametric Measurement Selection. *IEEE Transactions on Computers*, vol. C-20, issue. 9, pp. 1100-1103. DOI: 10.1109/T-C.1971.223410

Yücelbaş, Ş., Yücelbaş, C., Özşen, S., Tezel, G., Dursun, M., Küçükürk, S., & Yosunkaya, Ş. (2015). Effect On The Classification Results of ECG Artifacts in Full Night Sleep EEG. *The International Conference On Science, Ecology And Technology I, ICONSETE 2015*, Vienna, Austria.



Discrete Time State Estimation with Kalman Filter and Adaptive LQR Control of a Time Varying Linear System

Mehmet Latif Levent^{1*}, Ömer Aydoğdu², Cüneyt Yücelbaş³

¹ Hakkari University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering, Hakkari, Turkey (ORCID: 0000-0002-7185-9029)

² Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-0815-0356)

³ Hakkari University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering, Hakkari, Turkey (ORCID: 0000-0002-4005-6557)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804741)

ATIF/REFERENCE: Levent, M.L., Aydoğdu, Ö. & Yücelbaş, C. (2020). Discrete Time State Estimation with Kalman Filter and Adaptive LQR Control of a Time Varying Linear System. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 322-331.

Abstract

In this study, a new adaptive controller design was created that compensates for variable load effects and provides high control performance. In the proposed control method, Discrete Time Kalman Filter method (DKF), which estimates system output states, and Discrete Time Linear Quadratic Regulator (DLQR) method, one of the optimal control methods, were used. Although the DLQR control method produces good results when applied to unvarying systems, it cannot provide the desired response in time varying systems because it has no adaptation mechanism. In order to solve this problem, an adaptation mechanism based lyapunov method which has been developed that adapts to different environmental conditions, constantly updating a new state feedback gain matrix value (K_{new}) and optimal lyapunov adaptation gain values ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$ and γ_6) used for system control block such as position (x_1) control, speed (x_2) control and current (x_3) control. In this mechanism, lyapunov adaptation gain initial values were calculated using the Artificial Neural Network (ANN) method as a new approach. Thus, it was aimed to eliminate the variable load effects and to increase the stability of the system. In order to demonstrate the effectiveness of the proposed method, a variable loaded VsimLabs (Virtual Simulation laboratories) servo system was modelled as a time-varying linear system and used in practical implementation and simulation in Matlab-Simulink environment. Based on the experimental results and performance measurements such as Integral Square Error (ISE), Integral Absolute Error (IAE) and Integral time absolute error (ITAE), it was observed that the proposed method increases the system performance and stability by minimizing variable load effect and steady state error.

Keywords: Adaptation mechanism, Artificial neural network, Lyapunov method, Time varying linear system.

Kalman Filtresi ile Ayırık Zamanlı Durum Tahmini ve Zamanla Değişen Doğrusal Bir Sistemin Adaptif LQR Kontrolü

Öz

Bu çalışmada, değişken yük etkilerini kompanse eden ve yüksek kontrol performansını sağlayan yeni bir adaptif denetleyici tasarımı gerçekleştirilmiştir. Öne sürülen kontrol metodunda, sistem çıkış durumlarını tahmin eden ayırık zamanlı kalman filtresi (Discrete Time Kalman Filter, DKF) ve optimum kontrol yöntemlerinden biri olan Ayırık Zamanlı Doğrusal Kuadratik Regülatör (Discrete Time Linear Quadratic Regulator, DLQR) metodlarından yararlanılmıştır. DLQR kontrol metodu zamanla yükü değişmeyen sistemlere tüm periyotlarda uygulandığında iyi sonuçlar üretmesine rağmen, adaptasyon mekanizması bulunmadığından, zamanla değişen sistemlerde istenilen cevabı verememektedir. Bu problemi çözmek için, farklı çevre ortamlarına uyum sağlayan, yeni bir durum geri besleme kazanç matrix değerini (K_{new}) ve pozisyon (position, x_1) kontrol, hız (speed, x_2) kontrol ve akım (current, x_3) kontrol gibi sistem kontrol blokları için kullanılan optimum lyapunov adaptasyon kazanç değerlerini ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$ ve γ_6) sürekli güncelleyen bir lyapunov tabanlı adaptasyon mekanizması yöntemi geliştirilmiştir. Bu mekanizmada lyapunov adaptasyon kazancın başlangıç değerleri, tasarımda yeni bir yaklaşım olarak Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network, ANN) metodu ile

* Corresponding Author: Hakkari University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering, Hakkari, Turkey, ORCID: 0000-0002-7185-9029, mehmetlatiflevent@hakkari.edu.tr

hesaplanmıştır. Böylece değişken yük etkilerinin minimize edilmesi ve sistem kararlılığının artırılması amaçlanmıştır. Önerilen yöntemin etkinliğini pratik uygulama ve simülasyonda göstermek için, zamanla değişen doğrusal bir sistem olan değişken yüklü bir Sanal Simülasyon laboratuvarları (Virtual Simulation Laboratories, VsimLabs) servo sistemi modellenmiş ve Matlab Simulink ortamında kullanılmıştır. Deneysel sonuçlara ve İntegral Karesel Hata (Integral Square Error, ISE), İntegral Mutlak Hata (Integral Absolute Error, IAE), İntegral Zamanlı Mutlak Hata (Integral time absolute error, ITAE) gibi performans ölçümlerine göre, önerilen yöntemin değişken yük etkisini ve sürekli durum hatasını minimize ederek sistem performans ve kararlılığını artırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Adaptasyon Mekanizması, Yapay Sinir Ağı, Lyapunov Yöntemi, Zamanla Değişen Doğrusal Sistem.

1. Introduction

Motors are used in robotic applications, manipulators, washing machines, dryers, electronic items used in the kitchen and in many domestic applications. Therefore, Direct Current (DC) motors are frequently preferred in industrial and many engineering applications. Although the brushed and brushless permanent magnet motors are meeting certain motor requirements such as having low voltage limits, being affordable, being easy to control, and being supplied rapidly, in recent years, the costs of the brushed dc motors, which are among the basic elements of power electronics, are decreasing and they protect their place to an important extent within the international market [1-2].

Basic Kalman Filter can only be applied to linear random systems by nature [3]. Accordingly, the Kalman filters are expressed as the mathematical method that can minimize the disruptive effects and estimate the states by reducing the root-mean-square error. This filter structure is especially used in space and military technology [4], robotics and trajectory control applications [5], hybrid tracking technique [6], dynamic data processing [7], navigation sensors data fusion [8], Mobile Radio Link Adaptation by Radio Channel State Prediction [9], artificial neural networks [10], and different hybrid controller designs [11]. Accurately estimating the dynamic states (such as position, speed, and current) of a system such as a DC Motor is a very important element in terms of system stability [12]. In previous studies, it is concluded that Kalman Filter structures play an important role in optimally estimating system states. For instance, study in [13], noise-free unknown states were estimated using a discrete Kalman Filter and a successful control of the system was achieved.

The LQR approach, which is one of the modern control methods that improves system performance, is frequently used in the literature for optimal control problems [14]. In control of state-feedback systems, an observer such as the Kalman Filter must be used in order for the states to be used in conjunction with the DLQR controller. Because in the DLQR method, the states of the system are needed to generate the control signal. The basic working principle of this method is to minimize the quadratic performance index [15].

The Lyapunov stability criteria and MIT rule are frequently used methods in designing traditional adaptive control systems to increase system stability. This method organizes the parameter values based on reference model output value, and intends to increase the system performance against the disruptive effects. The Lyapunov based adaptive control method that is generally more effective on the system performance, and it is preferred in different fields and control mechanisms. Among the applications as the examples of usage area of the Lyapunov-based adaptive control method are position control of permanent magnet synchronous motor[16], X-Y table experimental platforms control [17-18], DC motor speed control [19], and design of a stable and robust tension controller [20].

2. Modelling of the VsimLabs Servo System

As is seen in Figure 1, a VSimLabs servo system that can alter the load in time was used in the simulations. In engineering applications, brushed DC motors is widely used as an actuator for electromechanical energy conversion. The VLS system actuated with brushed DC motor, which has the electric circuit of the armature, and the variable loaded body diagram of the rotor are shown in Figure 1. VLS plant and brushed DC motor parameters are given in Table 1. The following differential equations can be written based on the Newton's law together with the Kirchoff's law from the Figure 1;

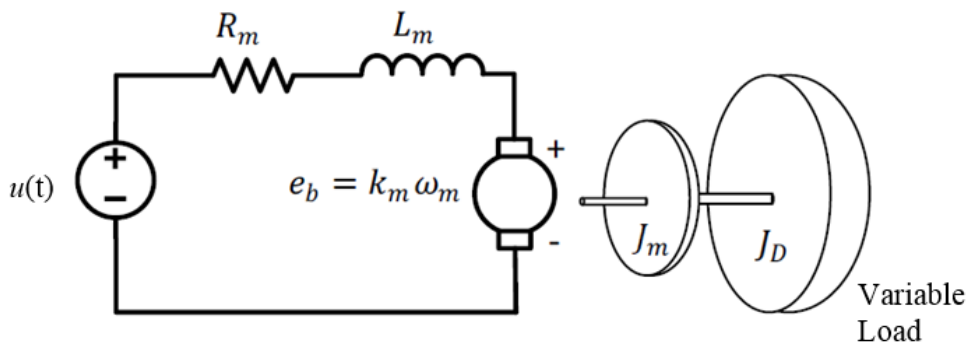


Fig. 1 Equivalent circuit of the VLS system.

$$u(t) = R_a i(t) + L_a \frac{di(t)}{dt} + e_b(t). \quad (1)$$

$$\tau_m(t) = J_m \frac{d\omega_m(t)}{dt} + B_m \omega_m(t) + \tau_l(t). \quad (2)$$

$$\omega_m(t) = \frac{d\theta_m(t)}{dt}. \quad (3)$$

where; $i(t)$ is the armature current, $e_b(t)$ is the back EMF voltage, $\tau_m(t)$ is the produced motor torque, $\tau_l(t)$ is the load torque, $\theta_m(t)$ is the angle of the armature, $\omega_m(t)$ is the angular velocity of the armature. The motor torque $\tau_m(t)$ is related to the armature current $i(t)$ by a constant factor k_t , and the back EMF $e_b(t)$ is related to the rotational velocity of the armature $\omega_m(t)$ by a constant factor k_b , as given by the following equations;

$$\tau_m(t) = k_t i(t) \quad (4)$$

$$e_b(t) = k_b \omega_m(t). \quad (5)$$

In the VLS system, equivalent armature load torque $\tau_l(t)$ may be expressed as:

$$\tau_l(t) = J_l \frac{d\omega_m(t)}{dt} + B_l \omega_m(t). \quad (6)$$

If (6) is substituted in (2), the general moment expression for the motor is obtained as follows.

$$\tau_m(t) = (J_m + J_l) \frac{d\omega_m(t)}{dt} + (B_m + B_l) \omega_m(t). \quad (7)$$

The following equations are obtained for the state space expression of the system by using (1), (3)–(5), and (7):

$$\frac{di(t)}{dt} = -\frac{R_a}{L_a} i(t) - \frac{k_b}{L_a} \omega_m(t) + \frac{1}{L_a} u(t), \quad (8)$$

$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \frac{k_t}{J_{eq}} i(t) - \frac{B_{eq}}{J_{eq}} \omega_m(t), \quad (9)$$

$$\frac{d\theta_m(t)}{dt} = \omega_m(t), \quad (10)$$

Table 1. VLS plant and brushed DC motor parameters

Symbol	Definition	Value
$u(t)$	Nominal Voltage	12V
R_a	Motor armature resistance	2.9Ω
L_a	Motor armature inductance	0.278mH
k_t	Motor torque constant	0.0256 Nm / A
k_b	Motor back-EMF constant	0.0256 V / (rad / s)
J_m	Motor inertia	1.49 × 10 ⁻⁶ kgm ²
B_m	Motor viscous coefficient	7 × 10 ⁻⁶ Nms
m_d	Mass of Load On Disk	0.068 kg
r_d	Disk Load Radius	0.025 m
J_d	Disk inertia	2.125 × 10 ⁻⁵ kgm ²

J_i shows the total inertia moment acting on the motor shaft. The inertia moment of a disk with a mass of m and a radius of r with reference to its own axis of rotation is calculated through $J = \frac{1}{2} mr^2$. The total inertia of the system is comprised of the rotor of the DC motor and the load in the form of a disk. Since the load is also directly connected to the motor shaft, the total inertia moment of the system is obtained through the equation $J_{eq} = J_m + J_d + J_l$. Here J_l refers to the inertia moment created by variable loads. At the same time, $B_{eq} = B_m + B_l$ is obtained due to variable loads. If (8)–(10) are arranged in state space model and armature angle is accepted as the output, the state space expression of the servo system is obtained as (11) and (12):

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t), \tag{11}$$

$$y(t) = Cx(t), \tag{12}$$

where; state variables are defined as;

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_m(t) \\ \omega_m(t) \\ i_1(t) \end{bmatrix}, \tag{13}$$

and the state, input and output matrices are obtained as;

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{B_{eq}}{J_{eq}} & \frac{k_t}{J_{tot}} \\ 0 & -\frac{k_b}{L_a} & -\frac{R_a}{L_a} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L_a} \end{bmatrix}, \quad C = [1 \ 0 \ 0].$$

3. Discrete Time Kalman Filter and Adaptive LQR Control

The Discrete time kalman filter and adaptive LQR control structure is given in Figure 2 below. Our main goal in this study is to ensure that the system adapts to different environmental conditions by constantly updating the state feedback gain matrix value (K_{new}). In order to obtain the output value, in other words the K_{new} matrix, in the Lyapunov stability criterion based adaptation mechanism shown in Figure 3, four input values are used as reference signal, the system output states estimated by the discrete Kalman Filter, Klqr matrix calculated through the discrete Riccati Equation, and control input. In the system, different adaptation blocks for the states that are position (x_1), speed (x_2) and current (x_3) are designed.

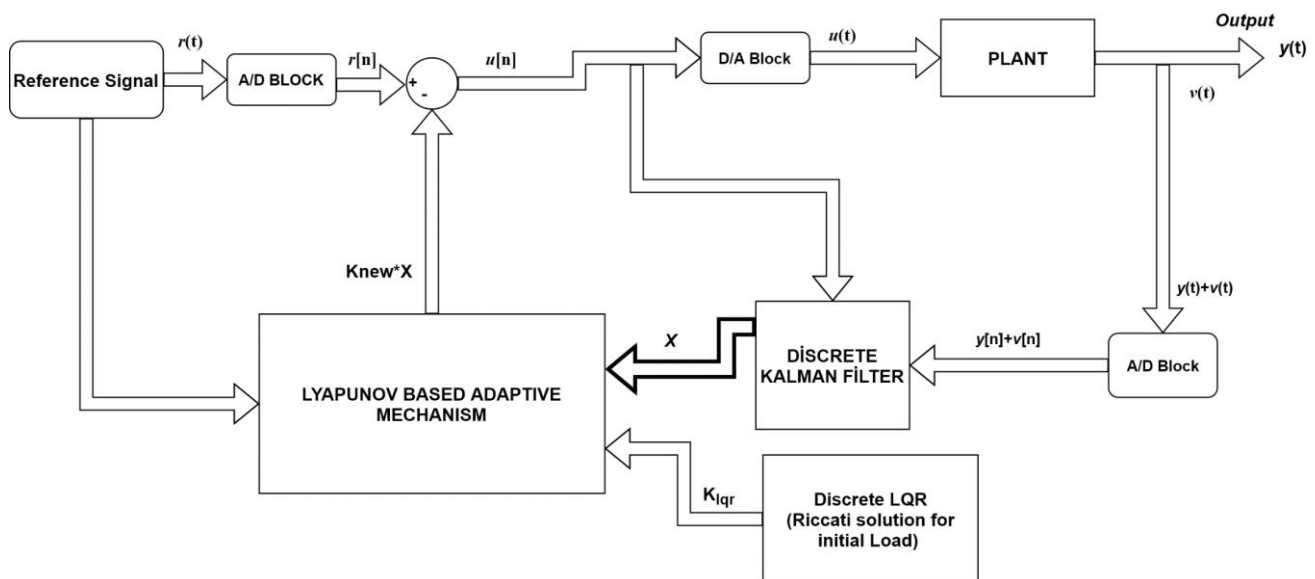


Fig. 2 Discrete Time Kalman Filter and Adaptive LQR Control Block Diagram

The first block provides position control; the second block provides speed control and the third block provides adaptation for the current control. Reference input $r(t)$ is used for the first block and reference input $wref$ data for the second block is defined as the output of the first block. Similarly, reference input $iref$ of the third block is defined as the output data of the second block. In this regard, the purpose of this research is to perform a new adaptive algorithm that ensures optimal state feedback of the system on variable loads. Feedback gain value (K_{new}) in this algorithm that is designed to fit for following equations varies based on the environment conditions.

If the gain matrix value at discrete LQR output and also the adaptively produced feedback gain value are respectively defined as $K_{lqr} = [a_1 \ a_2 \ a_3]$ and $K_{new} = [b_1 \ b_2 \ b_3]$; update equations of the new adaptive gain matrix value are obtained by using adaptive u_1 , u_2 and u_3 values as follows.

$$b_1 = a_1 - \frac{u_1}{x_1} \tag{14}$$

$$b_2 = a_2 - \frac{u_2}{x_2} \tag{15}$$

$$b_3 = a_3 - \frac{u_3}{x_3} \tag{16}$$

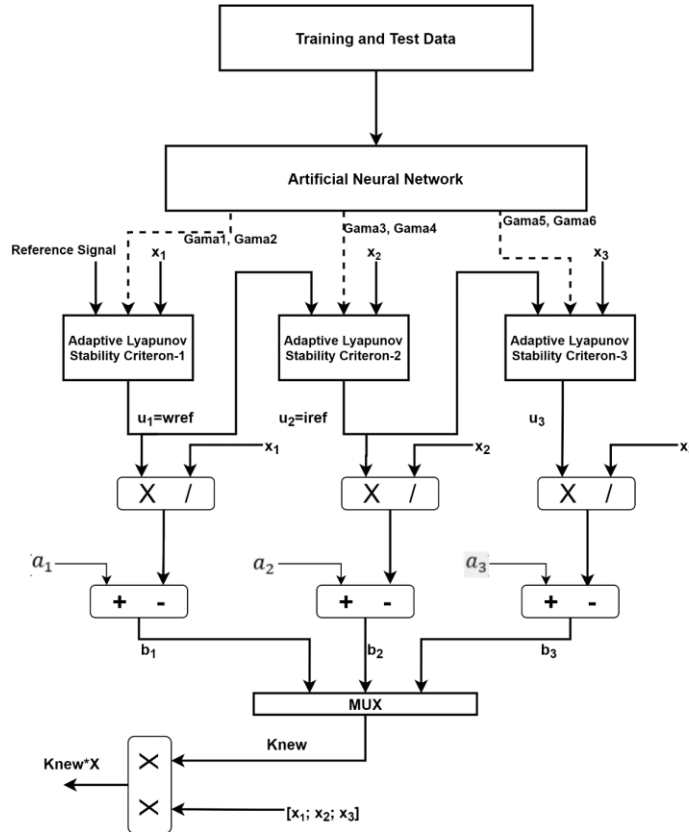


Fig. 3 Lyapunov stability criterion based adaptation mechanism

Hereby, the adaptive u_1 , u_2 and u_3 values are separately obtained via model reference adaptive control approach by utilizing the reference model defined. u_1 adaptive output reference is obtained; the similar steps are also applied for u_2 and u_3 outputs [21]. As is understood from study in [22], the Lyapunov function needs to be higher than zero for the system to be stable. Additionally, the derivative of the same function needs to be smaller than zero. Below equations can be obtained when the derivative of Lyapunov function is taken;

$$\frac{dy}{dt} = -a_m e^2 - (b\theta_2 + a - a_m) \left(\frac{d\theta_2}{dt} - \gamma_1 y e \right) + \frac{1}{\gamma_2} (b\theta_1 - b_m) \left(\frac{d\theta_1}{dt} + \gamma_2 r e \right) \tag{17}$$

By reference to Equation 17, the derivative expression of the function becomes smaller than zero if the parameter values are obtained. Accordingly, the stability condition of the system is ensured, If the parameters are updated as follows;

$$\frac{d\theta_1}{dt} = -\gamma_2 r e \tag{18}$$

$$\frac{d\theta_2}{dt} = \gamma_1 y e \tag{19}$$

$$\theta_1 = \frac{-\gamma_2}{s} r e \tag{20}$$

$$\theta_2 = \frac{\gamma_1}{s} y e \tag{21}$$

where θ_1 and θ_2 are the control parameters with adjustable gains γ_1 and γ_2 . In conclusion, the system becomes stable if a proper controller design is provided in Equation 22 and Equation 23. However, it is needed to know the optimal values that provide the

system to run more stable when the adjustment gain values are not known. In this study, the best adjustment gain (γ_1, γ_2) values are actualized by using an artificial neural networks (ANN). it is used an ANN structure that has train function TRAINLM, adaption learning function LEARN_GDM, performance function MSE, Feed-forward backpropagation as the network type, 16 hidden layers and 1 output layers. 200 data set for γ_1 and γ_2 gain values and IAE performance criteria as the training data and randomly produced 10000 values are were entered in the ANN algorithm as value test data. The same steps were performed for (γ_3, γ_4) and (γ_5, γ_6).

The experimental system is given in Figure 4. This system includes a V-DAQ data acquisition board, DC Motor, variable loads, initial disk load, DAC-ADC board an PC.

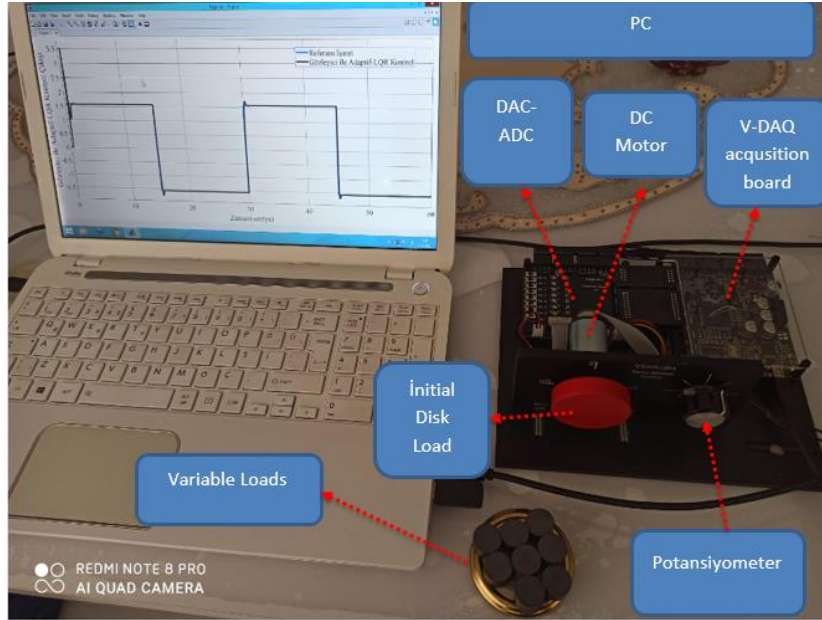


Fig. 4 A photograph of the experimental system.

4. Simulation and Experimental Results

In this section, both simulation and experimental results are discussed. Initially, the results of the methods applied to the unvarying VsimLabs servo system were compared in the Matlab/Simulink simulation environment. The total inertia expression ($J_{eq} = J_m + J_d$) of a constant-loaded motor was calculated. Here, J_m is the inertia of the rotor and J_d is the inertia of the disk. As per the expression of the inertia of the disk, it is calculated through the equation $J_d = 0.5 \times m_d \times r_d^2$. In this equation, m_d represents the mass of the disk and r_d represents the radius of the disk. When referencing Table 1, the value $J_{tot} = 2.098 \times 10^{-5}$ was applied in all periods without any changes. Subsequently, the varying load ($J_{eq} = J_m + J_d + J_l$) was added to the VsimLabs servo system after the 7th second, and the equation was updated as $J_{eq} = 1.08 \times 10^{-2}$. After adding the variable load, the output curves and parameter changes of discrete time Kalman Filter and adaptive LQR control methods were obtained.

In this case the VLS system parameters discrete time A_k, B_k and C_k are obtained as:

$$A_k = \begin{bmatrix} 1 & 0.001 & 10^{-4} \\ 0 & 0.9854 & 0 \\ 0 & -0.0087 & 0.001 \end{bmatrix}, B_k = \begin{bmatrix} 0.0002 \\ 0.3780 \\ 0.3418 \end{bmatrix}, C_k = [1 \ 0 \ 0].$$

Also, if we choose the R and Q parameters for the discrete kalman filter and discrete LQR as follows, the LQR gain is found as;

$$K_{lqr} = [1.1147 \ 1.0794 \ 0.1264], Q = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}, R=1,$$

In the design of the Lyapunov based adaptive control system a 2nd order system given in Equation 22 is used as a reference model. Here, the reference model has been created in accordance with both settle time and maximum overshoot. After completing successful simulation works, the same steps were applied on the experiment set. The system output and parameter change curves are discussed in Section 4.2.

$$G_m(s) = \frac{40000}{(s+200-i)(s+200+i)} = \frac{40000}{(s^2 + 400s + 40001)} \quad (22)$$

4.1. Simulation Results

When adaptive LQR and discrete kalman filter with DLQR control methods for unvarying system are applied, the result are shown in Figure 5. Examining zoom area shown in Figure 6, it is concluded that the position output signal rapidly catches the reference signal. As is shown in Table 2, comparing the results based on the performance measurements, it is understood that the proposed system produces better results and has a high performance.

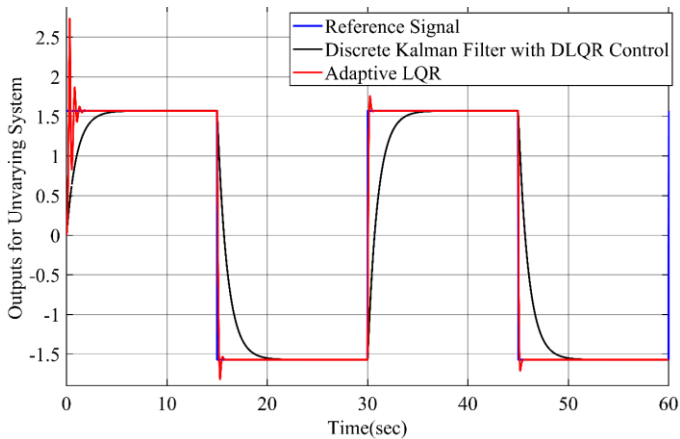


Fig. 5 Proposed Control Method in Unvarying System

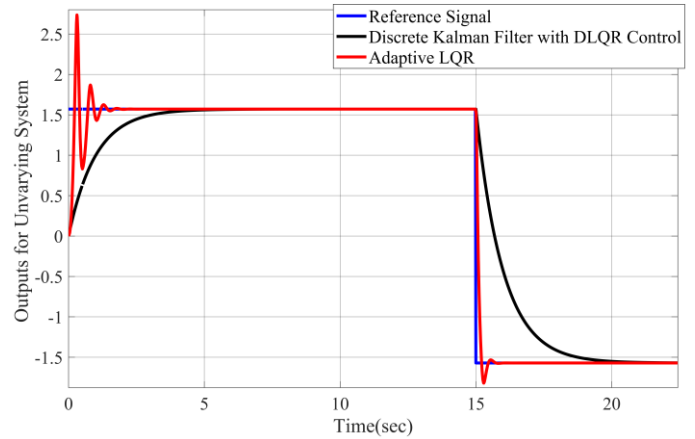


Fig. 6 Zoom Area in Figure 5

One of the most remarkable characteristics of the proposed control method is to compensate the effects such as variable load. The response curves obtained after adding the variable load to the system at the 6.8th second are shown in the Figure 7 and Figure 8.

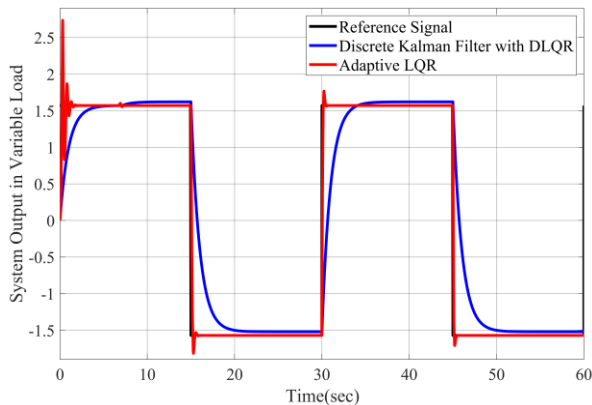


Fig. 7 Proposed Control Method in Variable Load

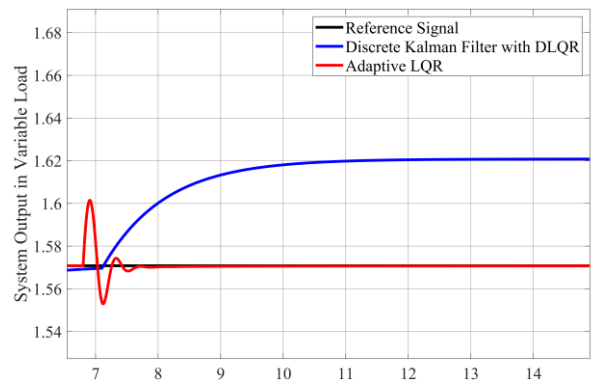


Fig. 8 Zoom Area in Figure 7

4.2. Experimental Results

For a unvarying servo system, experimental application results of the proposed method are shown in the Figure 9. Examining Figure 10, it is seen that the adaptive LQR control system output quickly settles into the reference input signal, with decreasing oscillations in subsequent periods. The system response curve, when the variable load effect takes place, is shown in the Figure 11.

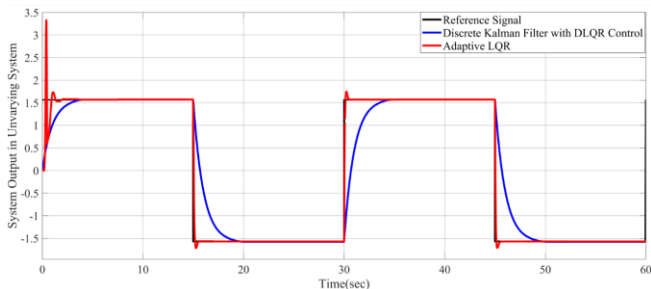


Fig. 9 Proposed Control Method in Unvarying System

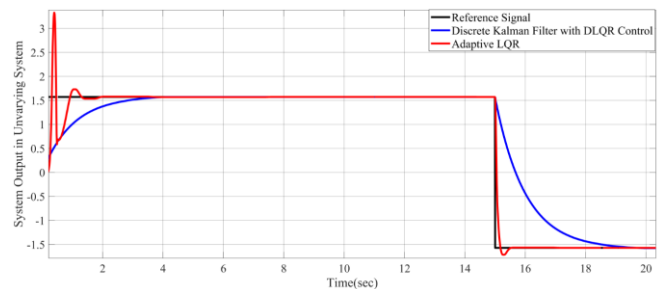


Fig. 10 Zoom Area in Figure 9

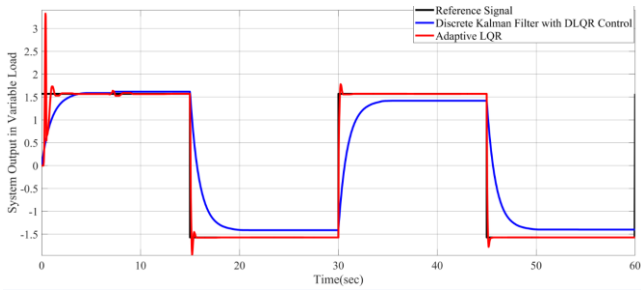


Fig. 11 Proposed Control Method in Variable Load

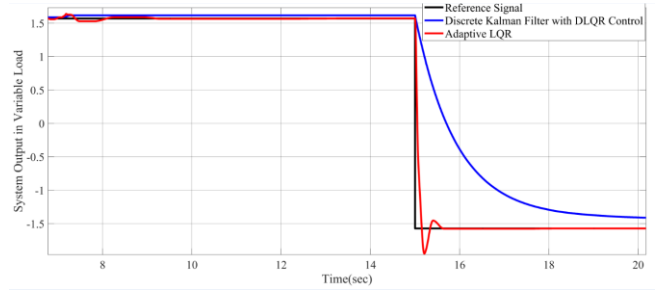


Fig. 12 Zoom Area in Figure 11

Through the proposed method, the load effect is quickly compensated. However, in the discrete Kalman Filter with DLQR control method response curve, it was observed that the system output signal moves away from the desired reference signal due to the effect of variable load. In the adaptive mechanism, which was designed using reference signal, control input, and system states, changes in Lyapunov parameters updated to adapt to different environmental conditions are shown in the figures below. In addition, the new adaptive gain matrix value (K_{new}) is shown in Figure 19 and Figure 20.

Table 2. Performance Measurement

<i>Unvarying Servo System</i>	ISE	IAE	ITAE	<i>Variable Loaded Servo System</i>	ISE	IAE	ITAE
Simulation Results				Simulation Results			
LQR Control Method	15.93	10.9	291.1	LQR Control Method	16.38	12.98	362.7
Adaptive LQR System	1.779	1.300	19.51	Adaptive LQR System	1.775	1.306	19.57
Experimental Results				Experimental Results			
LQR Control Method	15.63	2.098	2.098	LQR Control Method	16.45	17.04	520.9
Adaptive LQR System	2.057	1.598	18.46	Adaptive LQR System	2.098	1.703	19.87

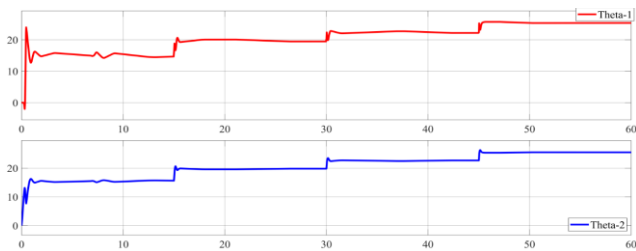


Fig. 13 Change of θ_1 and θ_2

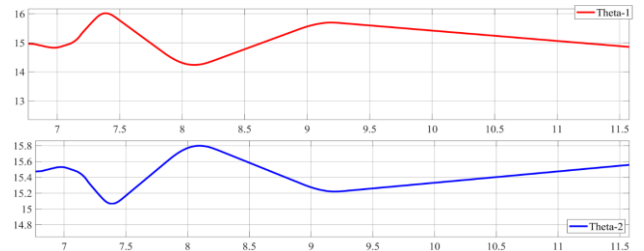


Fig. 14 After $t=6.8$ seconds for figure 13

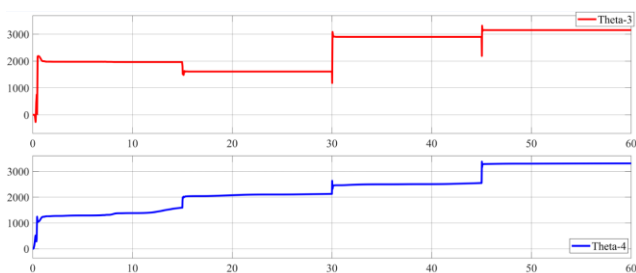


Fig. 15 Change of θ_3 and θ_4

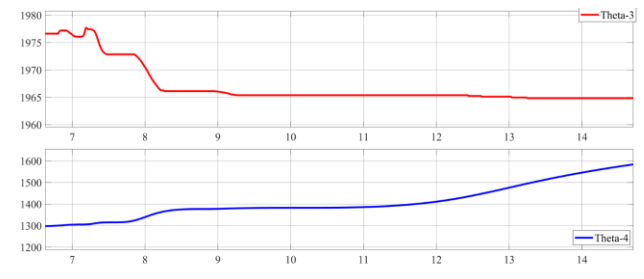


Fig. 16 After $t=6.8$ seconds for figure 15

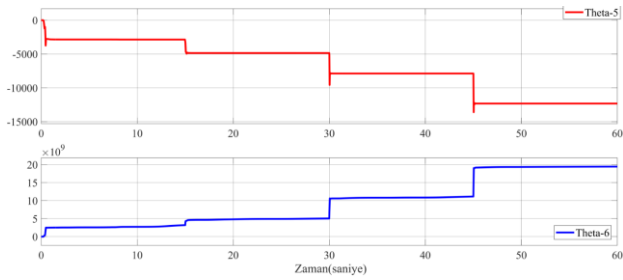


Fig. 17 Change of θ_5 and θ_6

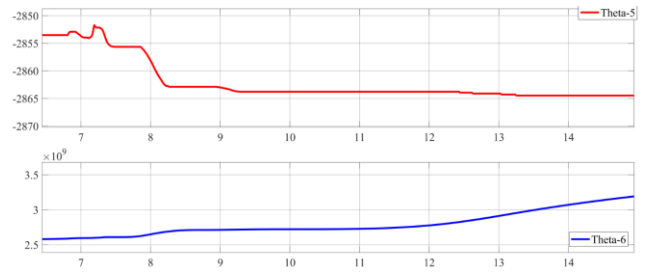


Fig. 18 After $t=6.8$ seconds for figure 17

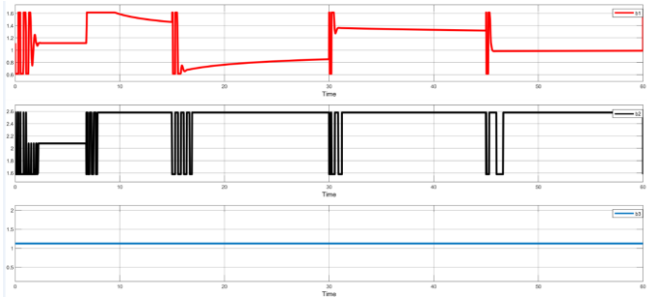


Fig. 19 Change of θ_5 and θ_6

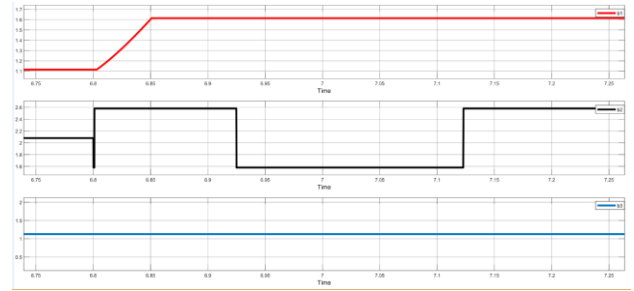


Fig. 20 After $t=6.8$ seconds for figure 19

4. Conclusions

The new control method with discrete time LQR and kalman filter based adaptive state feedback control that compensates the disruptive effects and also increases the system performance was designed in this research. This controller structure was successfully used in control of VSimLabs servo system that can change the load over time. As is known, it is not possible to completely remove the disruptive effects. The system can estimate the states of variable loaded servo system, thus, the disruptive effects can be minimized. It is observed on experimental and simulation results that the proposed method compensates well in time-varying systems; so, the system is beneficial in optimal controlling of the system. It is understood from the system results that the system control parameters can adapt itself in time.

5. Acknowledge

This work was supported by Research Fund of the Hakkari University. Project Number: FM20BAP11.

References

- [1] Roy, T. K., Pervej, M. F., Tumpa, F. K., & Paul, L. C. (2016, December). Nonlinear adaptive controller design for velocity control of a DC motor driven by a DC-DC buck converter using backstepping approach. In 2016 2nd International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (ICECTE) (pp. 1-4). IEEE.
- [2] Afjei, E., Ghomsheh, A. N., & Karami, A. (2007, September). Sensorless speed/position control of brushed DC motor. In 2007 International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (pp. 730-732). IEEE.
- [3] Bishop G, Welch G. An introduction to the kalman filter. Chapel Hill, NC, USA: Proc of SIGGRAPH, 2001. J. Breckling, Ed., The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [4] Teixeira BO, Santillo MA, Erwin RS, Bernstein DS. Spacecraft tracking using sampled-data Kalman filters. IEEE Control Systems Magazine 2008; 28 (4): 78-94.
- [5] Haixia Q, Banhazi TM, Zhigang Z, Low T, Brookshaw IJ. Preliminary laboratory test on navigation accuracy of an autonomous robot for measuring air quality in livestock buildings. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 2016; 9 (2): 29-39.
- [6] Artemciukas E, Sakalauskas L, Zulkas E. Kalman filter for hybrid tracking technique in augmented reality. Elektronika ir Elektrotechnika 2016; 22 (6): 73-79 .
- [7] Kluga A, Kluga J. Dynamic Data Processing with Kalman Filter. Elektronika ir Elektrotechnika 2011; 111 (5): 33-36.
- [8] Bistrovs V, Kluga A. The analysis of the UKF-based navigation algorithm during GPS outage. Elektronika ir Elektrotechnika 2013; 19 (10): 13-16.
- [9] Ziack P, Wieser V. Mobile radio link adaptation by radio channel state prediction. Elektronika ir Elektrotechnika 2011; 114 (8): 27-30
- [10] Castaneda C, Loukianov A, Sanchez E, Castillo-Toledo B. Real-time torque control using discrete-time recurrent high-order neural networks. Neural Computing and Applications 2013; 22 (6): 1223-1232.
- [11] Castaneda CE, Loukianov AG, Sanchez EN, Castillo-Toledo B. Discrete-time neural sliding-mode block control for a DC motor with controlled flux. IEEE Transactions on Industrial Electronics 2011; 59 (2): 1194-1207.

- [12] Akhlaghi, S., Zhou, N., & Huang, Z. (2017, July). Adaptive adjustment of noise covariance in Kalman filter for dynamic state estimation. In 2017 IEEE power & energy society general meeting (pp. 1-5). IEEE.
- [13] Ali, D., Asim, M., Wallam, F., Abbas, A., & Naudhani, Y. (2019, January). Experimental testing of observers comprising discrete Kalman filter and high-gain observers. In 2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET) (pp. 1-5). IEEE.
- [14] Abut, T. (2016). Modeling and Optimal Control of a DC Motor. *Int. J. Eng. Trends Technol*, 32(3), 146-150.
- [15] Aravind, M. A., Saikumar, N., & Dinesh, N. S. (2017, May). Optimal position control of a DC motor using LQG with EKF. In 2017 international conference on mechanical, system and control engineering (ICMSC) (pp. 149-154). IEEE.
- [16] Lin FJ, Sun IF, Yang KJ, Chang JK. Recurrent fuzzy neural cerebellar model articulation network fault-tolerant control of six-phase permanent magnet synchronous motor position servo drive. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 2015; 24 (1): 153-167.
- [17] Wang H, Zhao X, Tian Y. Trajectory tracking control of XY table using sliding mode adaptive control based on fast double power reaching law. *Asian Journal of Control* 2016; 18 (6): 2263-2271.
- [18] Mao WL, Hung CW, Suprpto. Adaptive fuzzy trajectory control for biaxial motion stage system. *Advances in Mechanical Engineering* 2016; 8 (4) 1-16.
- [19] Rashidi B, Esmailpour M, Homaeinezhad MR. Precise angular speed control of permanent magnet DC motors in presence of high modeling uncertainties via sliding mode observer-based model reference adaptive algorithm *Mechatronics* 2015; 28: 79-95.
- [20] Talian P, Perdukova D, Fedor P. Stable and Robust Tension Controller for Middle Section of Continuous Line. *Elektronika ir Elektrotechnika* 2018; 24 (1): 3-10.
- [21] Aydogdu, O., & Levent, M. L. (2019). Kalman state estimation and LQR assisted adaptive control of a variable loaded servo system. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(3), 4125-4130.
- [22] Aydogdu, O., & Levent, M. L. (2020). State Estimation with Reduced-Order Observer and Adaptive-LQR Control of Time Varying Linear System. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 26(2), 24-31.



A Deep Learning-Based Quality Control Application

Mehmet Korkmaz^{1*}, Mücahid Barstuğan²

¹ Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1462-8005)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9790-5890)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804744)

ATIF/REFERENCE: Korkmaz, M. & Barstuğan, M. (2020). A Deep Learning-Based Quality Control Application. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 332-336.

Abstract

The study at hand is an implementation of a deep learning strategy on a quality control scheme. The quality control process is a substantial part of product manufacturing. It fundamentally targets to detect and eliminate defective products so that the erroneous ones will not be delivered to the customers. Final product control has been usually performed by experts. Generally, those experts can easily distinguish defective and trouble-free products. On the other hand, growing product lines and human-based natural problems may affect the efficiency of that quality control process. Therefore, there is an increasing demand for computer-aided software that will take the place of those experts. This software or algorithm typically increases the product control rate. Besides, they make it possible to avoid from human-driven faults. The algorithms run at high speed and efficacy under conditional situations i.e. perfectly lightening environment. However, they may easily fail when small changes occur in the environment or the product for some duties that humans can easily achieve. These robustness problems make them not preferable, although they have numerous advantages. At this point, deep learning-based artificial intelligence algorithms have made a significant enhancement. The general development and achievable prices of GPUs pave the way for using numerous training examples so that better networks, meaning more robust, can be created for the applications. To this end, we carried on an experiment that could realize the deep learning strategy on the quality control scheme. For this purpose, the developed algorithms applied to the inverters conveying on a product line to confirm whether they are erroneous or not. Results show that developed strategy could detect defective products similar to the human being.

Keywords: Automation, CNN, Deep Learning, Robotic Arm, Quality Control.

Derin Öğrenme Tabanlı Kalite Kontrol Uygulaması

Öz

Bu çalışma, derin öğrenme tabanlı bir kalite kontrol uygulaması ile ilgilidir. Kalite kontrol üretim aşamasının önemli bir safhasıdır. Bu süreç sayesinde üretimde oluşmuş olan ürün üzerindeki hataların tanımlanması ve tüketiciye yansıtılmaması hedeflenir. Günümüzde üretim tesislerinde ürün kontrolü için genellikle uzman kişiler çalıştırılmaktadır. Uzman kişiler tarafından sorunsuz ve sorunlu ürün arasındaki farklar kolaylıkla anlaşılabilir. Öte yandan üretim hattının büyümesi, insan kaynaklı genel problemler bu türde uygulamalar için bir sorun teşkil etmektedir. Bu kapsamda uzman kişilerin yerini alabilecek bilgisayar destekli algoritmaların sıklıkla ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgisayar tabanlı yazılımlar sayesinde ürün kontrol süreci hızlandırılabilir. Ayrıca insan kaynaklı olası problemlerin önüne geçmekte mümkün olmaktadır. Bu yazılımlar kullanılarak çalışma şartlarında yüksek etkinlik ve doğrulukla çalışabilmesine karşın bir insanın kolaylıkla çözebileceği basit hataların üstesinden gelememektedir. Bu yüzden çoğu zaman olumlu taraflarına rağmen tercih edilmemektedir. Bu noktada son yıllarda ön plana çıkan derin öğrenme tabanlı yapay zeka algoritmaları sayesinde önemli bir gelişme sağlanmıştır. GPU'ların gelişmesi ve fiyatlarının erişilebilir olması sebebiyle çok fazla örnekle eğitim yapılabilmesinin önü açılmıştır. Örnek sayısının artması eğitim sürecinde çok daha iyi bir ağına oluşmasına imkan sağlamakta, artan hız gereksinimi de GPU'lar sayesinde karşılanabilmektedir. Çalışma içerisinde bahsedilen şemayı sağlayabilecek bir uygulama üzerinde durulmuştur. Bir inverterin üretim hattında robotlar tarafından bağlanan frenleme direnci kablolarının kontrolü için derin öğrenmenin bir alt kolu olan CNN tabanlı algoritmalar kullanılmıştır. Böylece bir bant üzerinden akan ürünlerin kablolarının bağlanması veya unutulması durumuna göre hatalı / sorunsuz ürünler tespit edilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Kalite Kontrol, Otomasyon, Robot Kol.

1. Introduction

The development of automation and its applications offers many important advantages in our daily life. Thanks to automation, large-scale productions can be made very quickly. However, the decrease in the share of people in the process prevents possible human mistakes and also production costs are lowered. Although automation systems are used in many mass productions, people are mostly needed in quality control processes. This requirement is one of the inherent superior features of human beings, some of which are classification and distinguishing the different ones. Even though computer software also has features such as superior classification and detection of differences thanks to developing artificial intelligence techniques and different algorithms, a semantic relationship extraction that people have is still difficult to reach. On the other hand, thanks to deep learning, an important phenomenon that has developed in recent years, significant developments have been experienced in the problem of semantic detection and classification.

Deep learning is a structure with many more sub-layers than conventional artificial intelligence and usually has different processing steps and filters. In classical artificial intelligence methods, feature extraction and classification are done respectively while it is directly applied in deep learning-based methods. But this requires substantial computational power. This requirement is much higher especially in applications where data sets are constituted from images. However, the developing GPU technology has been provided to overcome this bottleneck so that GPUs lead up to run on deep layers and big data. Owing to powerful computational abilities, training samples have increased and this makes it possible to train better networks. Therefore, the processes in which classically if and only a human can overcome could be replaced by machines that have mentioned type of artificial intelligence. Thus, the software or robot applications that usually have very limited boundaries and can perform certain tasks may have been expanded to superior jobs requiring human characteristics.

The idea of using automation almost goes back to the beginning of the era of mechanization. The works classically done by manpower have also been accomplished by machines through automation techniques. With the development of semi-conductive equipment and PLCs, these developments have increased over time and revealed the result of the automation of the machines. The ultimate point of this enhancement is defined nowadays as Industry 4.0, and it brings our life many new definitions such as dark factories, IoT, etc. (Butuza, Nascu, Giurgioiu, & Crisan, 2014) used PLCs for hydropower plants. The system they developed has a 120kWh capacity of electrical generation and runs 7/24. (Väänänen, Horelli, & Katajisto, 2010) have developed a virtual learning environment for PLC programming. The environment has frequently used automation tools such as artificial conveyors, robot cells. Employing the artificial program, experiments like real-time could be performed on a virtual platform. (Mazur, Quint, & Centeno, 2012) investigated the time synchronization problem of automation controllers on power applications. The efficacy of programmable automation controllers, also known as PAC, was sought. (Basile, Chiacchio, & Gerbasio, 2012) mentioned PLCs importance on industrial systems and some novelties on PLC programs handled.

Artificial intelligence is a phenomenon introduced in the 1950s and has been an important part of recent years despite the decreasing and increasing usage rates from time to time. It has formed the basis of many algorithms, from classic classification problems to regression-based estimates. (Wu, Huang, & Pan, 2010) Wu et al. presented linear and nonlinear regression-based models for torrential rain forecasting. (Li, Yu, Bai, Hou, & Chen, 2017) Li et al. offered a two-step hybrid technique using binary and k-NN classification.

As mentioned before, classical artificial intelligence techniques lack conditioned data preparation, not having big training sets. Therefore, the application of them has not gone beyond certain limits. On the other hand, the development of the GPUs classical schemes has led to evolving classical techniques to the deep ones. Techniques involving deep layers can make semantic comments. (Ruan, Ren, Zhu, & Huang, 2019) handled mobile robot navigation based on deep learning. They improved an integrated structure which solves the mapping, navigation, and localization problems together. (Truby, Della Santina, & Rus, 2020) tackled the deep learning techniques on the soft actuators, which recently have gained popularity in the robotics community. (Lehr, Schlüter, & Krüger, 2019) developed a CNN-based industrial classification application. The study emphasized the detection of the product on industrial scenarios and the CNN-based scheme used to detect screws. (Çimen et al., 2020) presented a micropower system that estimates the applicants' demand using deep learning.

In industrial applications, the quality control process is usually done by experts or algorithms in conditioned environments. Within the study, an alternative quality control structure is presented, and the stages of a full automation system are discussed.

The study at hand is a result of this type of examination. The answer to the problem of our quality control process, which is usually performed by human experts replaced by the mentioned algorithms, is sought and experiments, results, and the whole process of the study are evaluated within the following sections.

2. Material and Method

2.1. Materials

In this study, Mitsubishi 6 axis, 2kg payload robotic arm is utilized to evaluate the product suitability which flows on a conveyor. The inputs are obtained by a camera that is attached to the robot. To transfer the data to the software part and communicate all equipment, PLC, and HMI are used. The locations of the robotic arm and conveyor run status delivered from the HMI platform using the serial communication protocol.

The software installed on the Nvidia Jetson Nano card is used for the realization of the deep learning and image processing parts. The card allows camera inputs and communication with PLC. The established system and communication structure can be seen in Figure 1.

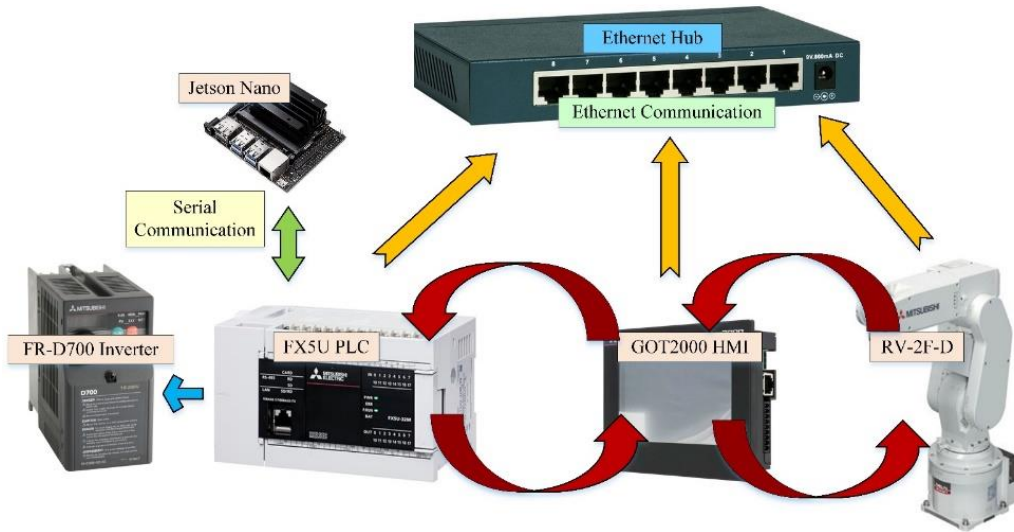


Fig. 1 The communication between the products used

2.2. Methods

In this study, template matching and deep learning techniques were used for inverter detection and the quality control process. The program languages for the deep learning, PLC, and robotic arm respectively as Python, Ladder diagram, and Mitsubishi basic robotic. The flowchart of the whole quality control process is illustrated in Figure 2.

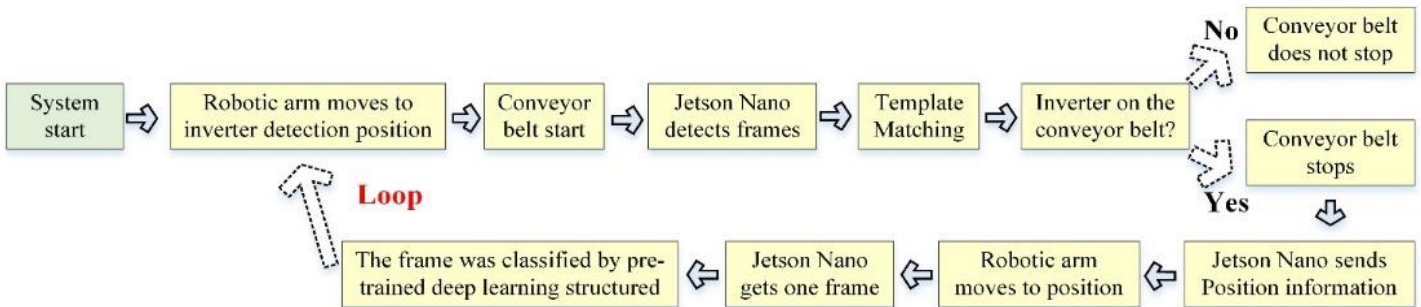


Fig. 2 The scheme of the algorithm used

Template Matching: The inverter on the conveyor belt was detected via the template matching method and presented in Figure 3.

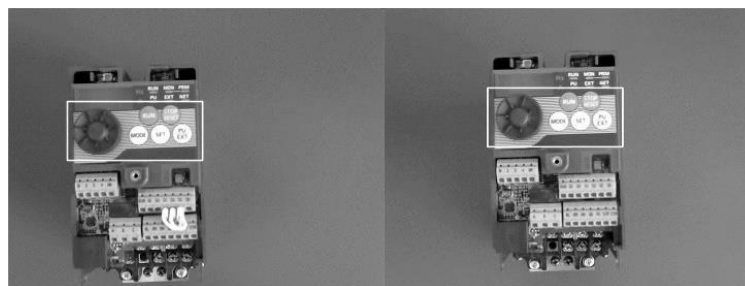


Fig. 3 The detection of inverter

Pre-processing: After the detection of the inverter, the robot arm moved automatically to the region of interest (ROI) that will be classified by the trained net. When the robot completes moving, a 15x15 median filter is applied to the camera image. Then, the image is classified with the trained deep learning net. Figure 4 shows the sample images, which were used during the training of the net.

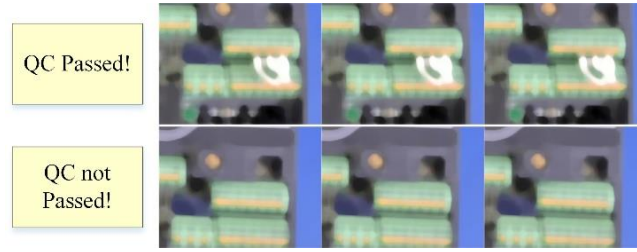


Fig. 4 The training images

Deep learning: Deep learning is a popular artificial intelligence method that emerged in the last ten years and has been used in fields such as image processing, face recognition, classification, and electricity. The deep learning has a different technique according to the traditional machine learning methods. The traditional methods extract the features of the data manually while the deep learning method extracts the features automatically thanks to its convolution layers. This study used 2000 images to create the classifier structure. TensorFlow library was used to create different CNN structures. The best CNN structure was found optimally after classification processes.

Robot arm movement: After inverter detection, x, y, and z coordinate information that were obtained from the camera were sent to the robot arm via PLC and HMI. The coordinates were converted into robot arm space by using Equation 1.

$$P_{inv} = H_{det}^{inv} \cdot P_{det} \quad (1)$$

$$H_{det}^{inv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & p_x \\ 0 & 1 & 0 & p_y \\ 0 & 0 & 1 & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

P_{inv} represents the obtained point, which was found according to the inverter position. P_{det} represents the image acquisition position. H_{det}^{inv} is a homogeneous matrix that includes rotation and translational parts. This study did not use a rotation axis; therefore, this part was saved as a unit matrix. The translational part consists of differences in the axis of x, y, and z.

Quality Control: In this process, the camera reads one frame and classify with a deep learning net. The result shows that the braking resistor is connected or not. When the classification is over, the robot arm moves to the inverter detection position, again.

3. Results and Discussion

Different software and tools were used for the quality control experiment. This study used OpenCV and TensorFlow libraries for detection and classification processes. The system took images and examined the product on the conveyor belt. The conveyor belt was used to provide the product to move beneath the camera. For the control in the hardware part, Mitsubishi FX5U PLC was used to communicate between the robot arm and Jetson Nano via serial communication. Figure 5 presents the experimental environment.



Fig. 5 The experimental system

The system controlled the conveyor belt. The inverter is detected, the conveyor belt stops, and the classification process is done. Accuracy and loss results for the training process are presented in Figure 6.

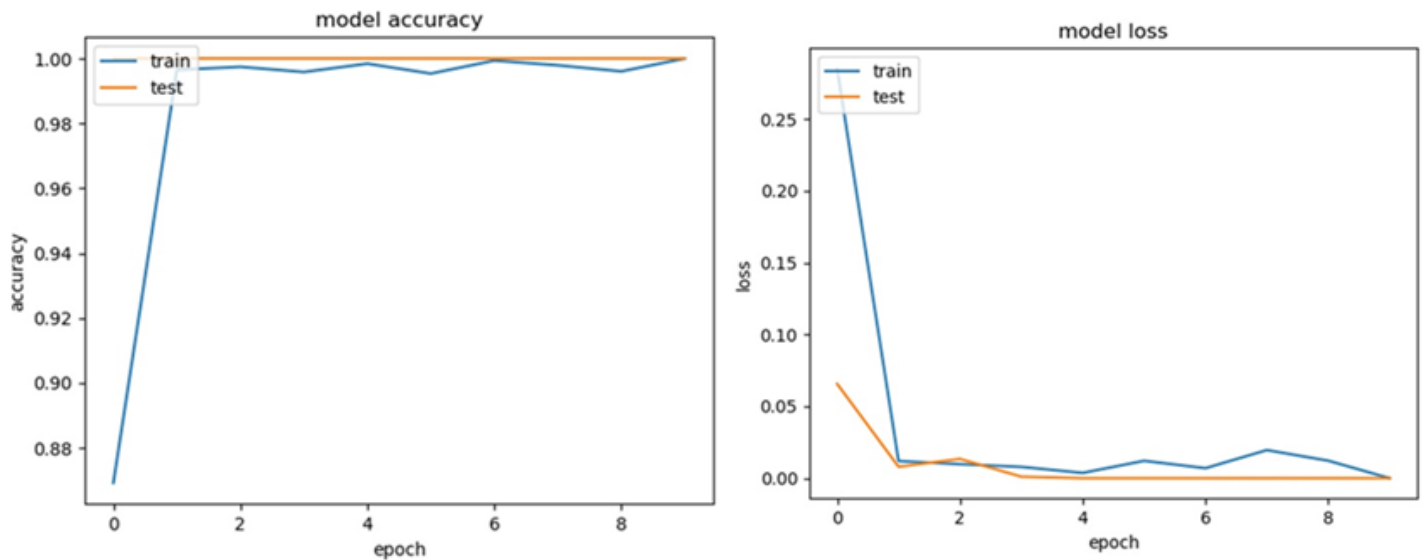


Fig. 6 The training and test results of the model

Figure 6 shows that the test process achieved 100% classification accuracy. This CNN structure was tested in the experimental environment, and the quality control process was performed successfully in a bright environment. When the environment becomes dark, the success of the structure was decreased. The reason is that the training images were taken in a bright environment, not in a dark environment because the quality control processes are done in bright environments in industrial systems.

4. Conclusions and Recommendations

This study performed quality control of the inverter. The quality control system controlled if the braking resistor is connected or not. The human control process was changed with a deep learning control process. In the simulation environment, the training process achieved 99.90% accuracy, and the test process achieved 100% accuracy performances. Besides, the structure created was tested during a scenario. According to the scenario, the product on the conveyor belt was photographed by a camera from a determined position on a robot arm. Then the system operated and decided the quality control result. The product, which was produced by robot arms, again controlled by the robot arm with a software. As a result, the need for humans during the quality control process is reduced. In future studies, different types of products will be added to the system to process the quality control system. The system will know the type of the product and select the system in the software and move according to the system selected.

5. Acknowledge

We thank Mitsubishi Electric Turkey and MEMAK companies for donating industrial automation products to the Department of Electrical-Electronics Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University.

References

- Basile, F., Chiacchio, P., & Gerbasio, D. (2012). On the implementation of industrial automation systems based on PLC. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 10(4), 990-1003.
- Butuza, R., Nascu, I., Giurgioiu, O., & Crisan, R. (2014). *Automation system based on SIMATIC S7 300 PLC, for a hydro power plant*. Paper presented at the 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics.
- Çimen, H., Palacios-Garcia, E. J., Çetinkaya, N., Kolbæk, M., Sciumè, G., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2020). *Generalization Capacity Analysis of Non-Intrusive Load Monitoring using Deep Learning*. Paper presented at the 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON).
- Lehr, J., Schlüter, M., & Krüger, J. (2019). *Classification of Similar Objects of Different Sizes Using a Reference Object by Means of Convolutional Neural Networks*. Paper presented at the 2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA).
- Li, L., Yu, Y., Bai, S., Hou, Y., & Chen, X. (2017). An Effective Two-Step Intrusion Detection Approach Based on Binary Classification and k -NN. *IEEE Access*, 6, 12060-12073.
- Mazur, D. C., Quint, R. D., & Centeno, V. A. (2012). *Time synchronization of automation controllers for power applications*. Paper presented at the 2012 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting.
- Ruan, X., Ren, D., Zhu, X., & Huang, J. (2019). *Mobile robot navigation based on deep reinforcement learning*. Paper presented at the 2019 Chinese control and decision conference (CCDC).
- Truby, R. L., Della Santina, C., & Rus, D. (2020). Distributed Proprioception of 3D Configuration in Soft, Sensorized Robots via Deep Learning. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(2), 3299-3306.
- Väänänen, M., Horelli, J., & Katajisto, J. (2010). *Virtual learning environment concept for PLC-programming-case: Building automation*. Paper presented at the 2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer.
- Wu, J., Huang, L., & Pan, X. (2010). *A novel bayesian additive regression trees ensemble model based on linear regression and nonlinear regression for torrential rain forecasting*. Paper presented at the 2010 Third International Joint Conference on Computational Science and Optimization.



Yüksek Gerilim Kablo Başlık Arızalarını Önlemede Kılıf Gerilimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bahadır Akbal

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID 0000-0002-7319-1966)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804772)

ATIF/REFERENCE: Akbal, B. (2020). Yüksek Gerilim Kablo Başlık Arızalarını Önlemede Kılıf Gerilimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 338-344.

Öz

Yüksek gerilim yeraltı kablolarının metal kılıflarında oluşan gerilimi sıfırlamak ve kablo arızalarını önlemek amacıyla IEEE 575-1988 standardında yer alan yöntemlerle kablo topraklaması yapılmaktadır. Fakat kablonun metal kılıfından akan akım, yük akımının harmonik içermesine ve dengesizlik durumuna göre kılıf akımı, akım harmonikleri ve sıfır bileşen akımlarını içerebilir. IEEE 575-1988 standardında yer alan yöntemler ile yapılan topraklama, sıfır bileşen ve harmonik akımlarının neden olduğu kablo başlığı arızalarını önlemede yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden Parçalı Çift Taraflı Topraklama (PÇT) yöntemi sıfır bileşen akımları ve akım harmonikleri kaynaklı arızaların önlenmesi için geliştirilmiştir. PÇT yöntemindeki optimum parametre değerlerinin belirlenmesi için kabloda oluşacak olan kılıf geriliminin de bilinmesi gereklidir. Bu yüzden kabloda oluşacak kılıf gerilimi için tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada daha iyi bir topraklama yapabilmek için kılıf gerilimi tahmininde kullanılan yöntemlerin doğrulukları karşılaştırılmıştır. Tahmin yöntemleri için yapay sinir ağları, genetik algoritma ile yapılan melez yapay sinir ağı ve regresyon yöntemleri kullanılmış, optimizasyon yöntemi olarak da genetik algoritma kullanılmıştır. Çalışma sonunda genetik algoritma ile yapılan melez yapay sinir ağının doğruluğu yaklaşık olarak %99 ile en yüksek orandadır. Dolayısıyla genetik algoritma ile yapılan melez yapay sinir ağının tahmin yöntemi olarak kullanıldığı bir PÇT optimizasyonunda elde edilen parametreler ile yapılan topraklama daha güvenilir olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek gerilim kablosu, kablo başlığı arızası, regresyon, yapay sinir ağı, optimizasyon.

Comparison of Sheath Voltage Prediction Methods to Prevent High Voltage Cable Termination Faults

Abstract

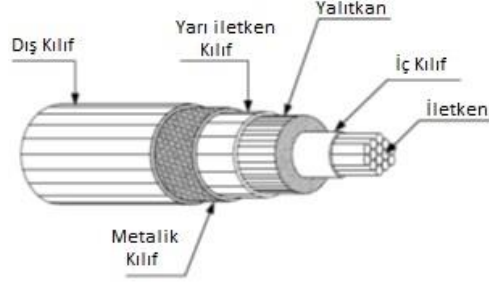
High voltage cable bonding is carried out by the methods in the IEEE 575-1988 standard in order to reset the voltage on the metal sheaths of high voltage underground cables and prevent cable failures. However, the current flowing through the metal sheath of the cable may include the sheath current, current harmonics and zero component currents according to the harmonics of the load current and the imbalance state. Bonding by the methods in the IEEE 575-1988 standard is insufficient to prevent cable head failures caused by zero component and harmonic currents. Therefore, the Sectional Solid Bonding (SSB) method has been developed to prevent failures caused by zero component currents and current harmonics. In order to determine the optimum parameter values in the SSB method, it is necessary to know the sheath voltage that will occur in the cable metallic sheath. Therefore, estimation methods are used for the sheath voltage. In this study, the accuracy of the methods used in the sheath voltage estimation is compared to make better grounding. For estimation methods, artificial neural networks, a hybrid artificial neural network with genetic algorithm and regression methods are used, and genetic algorithm is used as an optimization method. The accuracy of the hybrid neural network made with the genetic algorithm at the end of the study is approximately 99%. Therefore, grounding with the parameters obtained in a SSB optimization using the hybrid artificial neural network made by the genetic algorithm will be more reliable.

Keywords: High voltage cable, cable termination fault, regression, artificial neural network, optimization.

1. Giriş

Elektrik enerjisinin iletiminde ve dağıtımında havai hatlar ve yeraltı kablolu hatlar kullanılmaktadır. Havai hatların yalıtım sorunundan dolayı yerleşim birimlerine belli mesafelerde tesis edilirken, yeraltı kablolarının bir yalıtkan tabakaya sahip olmasından dolayı böyle bir mesafeye gerek yoktur [1]. Bu yüzden şehir merkezlerinde ve kalabalık yerleşim birimlerinde yüksek gerilimin dağıtılmasında yüksek gerilim kabloları kullanılmaktadır.

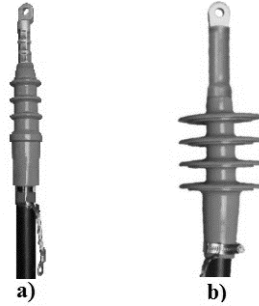
Yüksek gerilim yeraltı kablolarında yalıtkan olarak PVC (polivinil klorür) veya XLPE (çapraz bağlı polietilen) kullanılmaktadır. Yüksek gerilim yeraltı kablolarında elektrik alan dağılımını düzğünleştirmek ve yalıtkan tabakayı korumak amacıyla birçok tabaka bulunur. Şekil 1'de bir yüksek gerilim kablosunun tabakaları gösterilmektedir [2].



Şekil 1. Yüksek gerilim kablosu

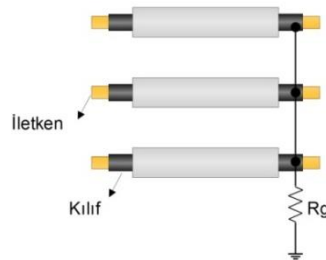
Yüksek gerilim kablosunda enerji taşıma işlemi iletken ile yapılmaktadır. Kablonun tesis edildiği bölgede yüksek nem olabilir. Nem iletkende oksitlenmeye neden olur. Bundan dolayı da yalıtkan tabaka oksijen ile temas etmiş olur. Oksijen yalıtkanın ömrünün azalmasına dolayısıyla kablo arızalarında önemli etkenlerden birisidir. Bundan dolayı iletken üzerine genellikle PVC iç kılıf konulmaktadır. İç kılıf yalıtkan ile iletken arasında tabaka oluşturarak yalıtkanın oksitlenme sonucu ömrünün azalmasını önler. Yüksek gerilim kablolarında yalıtkan üzerindeki elektrik alan dağılımının düzğün olması gerekir. Bu yüzden yalıtkan tabakanın üzeri elektrik alanın düzğün dağılması için yarı iletken kılıf ile kaplanır [3]. Yarı iletken kılıfında metal bir kılıf ile kaplanması ile kablonun mekanik etkilere karşı korunması sağlanır.

Yeraltı kabloları iyi bir yalıtkan tabakaya sahip olduklarından yüksek gerilim tesislerinde yüksek gerilim elemanları arasındaki bağlantıları sağlamada da kullanılır. Bu bağlantı için de kablo başlıkları kullanılmaktadır. Kablo başlıkları bağlantı noktalarındaki atlamaların önlenmesinde kullanılır. Bağlantılar dış ortamda veya iç ortamda olabileceği için kablo başlıkları iç ortam (dâhili) ve dış ortam (harici) kablo başlıkları olarak üretilir. Dış ortam ve iç ortam kablo başlıkları Şekil 2'de gösterilmektedir.

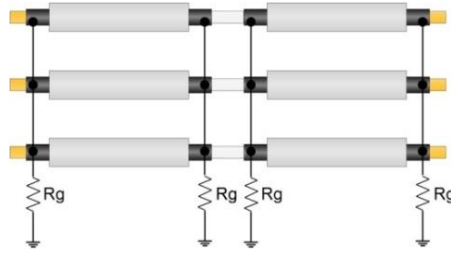


Şekil 2 a) İç ortam kablo başlığı b) Dış ortam kablo başlığı

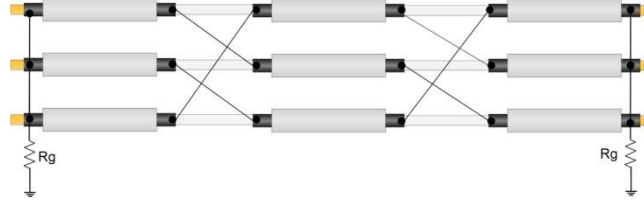
Yük akımının oluşturduğu manyetik alandan dolayı kablonun metal kılıfında gerilim endüklenir [4]. Kablo uzunluğunun artması ile de bu gerilimin değeri büyür [5]. Kablo üzerindeki potansiyeli sıfırlamak amacıyla yüksek gerilim kablosunun metal kılıfı topraklanır. Kablo topraklaması için IEEE 575-1988 standardında belirtilen yöntemler uygulanmaktadır [6]. Bu topraklama yöntemleri tek taraflı, çift taraflı ve çapraz topraklama yöntemleridir ve sıra ile Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 2. Tek taraflı topraklama



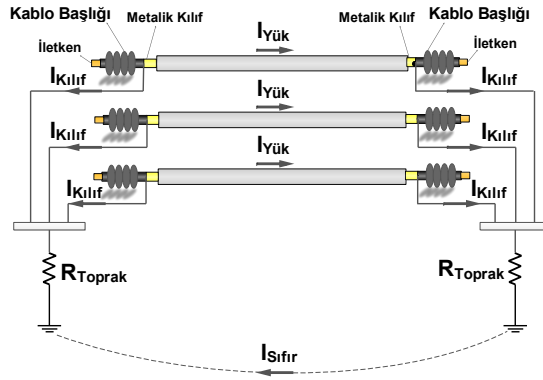
Şekil 3. Çift taraflı topraklama



Şekil 4. Çapraz topraklama

Uygulamada genellikle kısa hatlarda tek taraflı topraklama, uzun hatlarda ise çift taraflı topraklama kullanılmaktadır. Kablo başlığı hat başı ve hat sonundaki ağırlıklar için yapılmaktadır. Bu yüzden yüksek gerilim kabloları başlık noktalarından topraklanırlar. Kablo topraklandıktan sonra ise kılıf akımı akmaya başlar [7-9]. Yalıtkanın özelliğini çabuk yitirip delinmesine neden olan diğer önemli etken ise sıcaklıktır. Kılıf akımı yalıtkan üzerindeki sıcaklığı artırdığı için kablo arızalarına dene olmaktadır [10-12]. Eğer yük akımı harmonik içeriyorsa bu durumda kablo kılıfından akım harmonikleri de akacaktır. Akım harmonikleri bu sıcaklık artışını daha da yükselterek kablo arızalarında önemli rol almaktadırlar

Dağıtım hatlarındaki dengesizlikler sonucu güç trafolarının nötr noktasından sıfır bileşen akımları akar. Sıfır bileşen akımları da devrelerini kablunun metal kılıfından tamamlayarak yalıtkan üzerindeki sıcaklığın daha da yükselmesine neden olur. Bu durum Şekil 5'te de gösterilmektedir. Dolayısıyla sıfır bileşen akımları da kablo sıcaklığını artırıcı etkenler arasında yer almaktadır [14,15].

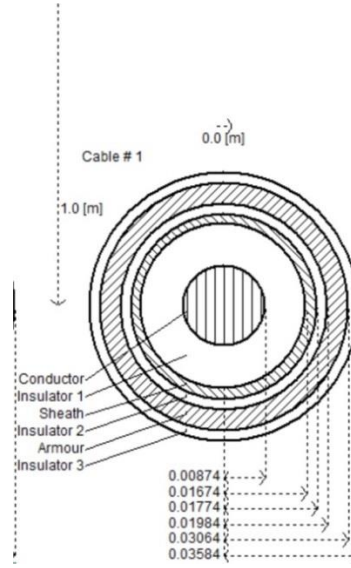


Şekil 5. Metlik kılıf topraklama

Kablolarında gerilim ve sıcaklık artışı en fazla başlık bölgesinde olduğu için arızalar da genellikle başlık bölgesinde olmaktadır. Sıfır bileşen akımı ve akım harmoniklerinden dolayı oluşan kablo başlığı arızalarını önlemek amacıyla Parçalı Çift Taraflı (PÇT) topraklama yöntemi geliştirilmiştir [16].

2. Materyal ve Metot

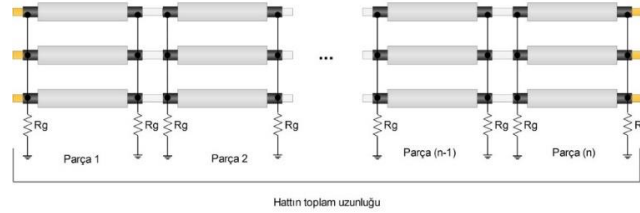
Bu çalışmada yüksek gerilim yeraltı kablolu hatlarla ilgili çalışmalar PSCAD/EMTDC programında yapılmıştır. Çalışmada 36 kV dağıtım hatlarında kullanılan XLPE yalıtkanlı yüksek gerilim kablosu kullanılmış ve bu kablo PSCAD/EMTDC programında modellenmiştir. Modellenen yüksek gerilim kablosu Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Modellenen yüksek gerilim kablosu

Yüksek gerilim kablolarındaki arızaların önüne geçebilmek için iyi bir kablo topraklaması yapmak gerekir. İyi bir kablo topraklaması yapabilmek içinde kılıf gerilimine ve akımına etki eden etkenlerin iyi bilinmesi gerekir. Bu etkenlerin belirlenmesi için literatür araştırması ve benzetim çalışmaları yapılmıştır. Benzetim çalışmalarında birbirinden farklı birçok yeraltı kablolu hat oluşturulmuştur. Çalışmalar sonunda kılıf akımında dengesiz yük akımı, fazlar arası mesafe, toprak direnci, kablo tertibatı, topraklama yöntemi ve kablo uzunluğunun etkili olduğu görülmüştür.

Kablo metal kılıfı üzerindeki potansiyeli sıfırlamak için metal kılıf topraklanmaktadır ve uygulamada IEEE 575-1988 standardında belirtilen yöntemler uygulanmaktadır. Fakat sıfır bileşen akımları ve akım harmonikleri nedenli kablo başlığı arızaları IEEE 575-1988 standardına belirtilen yöntemler ile önlenemez. Çünkü bu yöntemler tasarlanırken akım harmonikleri ve sıfır bileşen akımı dikkate alınmamıştır. PÇT yöntemi sıfır bileşen akımları ve akım harmonikleri nedenli kablo başlığı arızalarını önleme amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem Şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7. Parçalı çift taraflı topraklama

PÇT yönteminde amaç güvenli ve ekonomik bir topraklama yapmaktır. Öncelikle güvenliği sağlamak için toplam hat uzunluu belirli uzunluklardaki hat parçalarına ayrılırlar. Bu hat parçalarının fazla olması fazla işçilik ve ek malzeme kullanımı gerektirecektir. Bu durum topraklamanın ekonomik olmayacağı anlamı taşır. Dolayısıyla istenen düzeyde güvenlik ve ekonomikliğı sağlamak için PÇT yönteminin optimizasyonu gerekmektedir.

PÇT parametrelerinin optimizasyonu metal kılıf üzerinde oluşan gerilime göre yapılmaktadır. Uygulamada genellikle kablo topraklamasının uygunluğu hat devreye alındıktan sonra gözden geçirilir. Eğer bir arıza yoksa topraklamada değişiklik yapılmaz. Fakat önlenemez arızalar oluşursa topraklama için yeni alternatifler üretilir. Bu durum hem güvenlik hem de ekonomiklik yönünden uygun değildir. dolayısıyla bu çalışmada halen tesis edilmemiş bir yüksek gerilim yeraltı kablolu hat için PÇT yöntemi ile kablo topraklaması tasarlanmıştır. Kablo hattı daha tesis edilmediğı için kılıf üzerindeki gerilim de bilinemez. Dolayısıyla bu çalışmada kılıf gerilimi tahmini için yapay sinir ağları, melez yapay sinir ağı ve regresyon yöntemlerinin doğruluk bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Bu tahmin yöntemleri oluşacak olan kılıf gerilimlerini tahmin ettiği için PÇT parametrelerinin optimizasyonunda bir amaç fonksiyonu olarak kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağı (YSA) giriş, gizli ve çıkış katmanı olmak üzere 3 temel katmandan oluşur ve en temel elemanı nörondur [17,18]. Nöronlar gizli katmanda bulunur ve bir transfer fonksiyonu olarak görev yaparlar. Denklem (1)’de bir nöronun işleyişinin matematiksel ifadesi gösterilmektedir.

$$y_i = f_i \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \times x_j + b_i \right) \quad (1)$$

Burada x_j giriş, w_{ij} ağırlık, b_i bias, f_i transfer fonksiyonu ve y_i nöronun çıkışıdır.

YSA’da parametre tahmininin yapılabilmesi için öncelikle bir eğitim süreci gereklidir ve eğitim sonunda YSA’nın eğitim hatası hesaplanır. YSA’da eğitim hatası en küçük kareler (Mean Square Error, MSE) yöntemi ile hesaplanmaktadır ve denklem (2)’de gösterilmektedir.

$$E(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p(i) - o(i))^2 \quad (2)$$

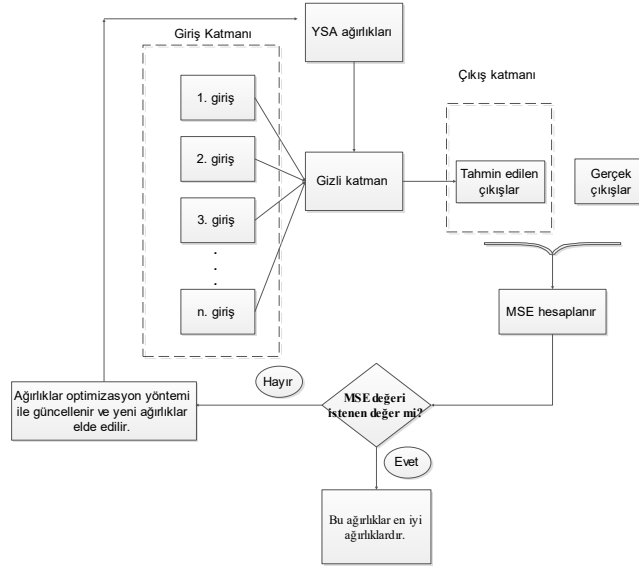
Burada E(t) hata, p(i) i. giriş için gerçek yani istenen çıkış değeri, o(i) i. giriş için tahmin edilen çıkış değeridir. Tahmin doğruluğunun yüksek olması için eğitimin hatasının minimum olması gerekir. Bu yüzden, YSA'nın ağırlıkları hatanın değerine göre güncellenir. En düşük hatayı veren ağırlıklar en iyi ağırlıklardır. Klasik YSA'da ağırlıkları güncellemek için denklem (3), denklem (4) ve denklem (5) kullanılır.

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \Delta w_i(t) \quad (3)$$

$$\Delta w_i(t) = \eta \times e(t) \times n_i(t) \quad (4)$$

$$e(t) = p(i) - o(i) \quad (5)$$

Burada η öğrenme katsayısıdır. Literatürde hatanın düşürülmesinde melez YSA yöntemleri kullanılmaktadır. Melez YSA yöntemlerinde ağırlıkların güncellenmesi için bulanık mantık ve optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bulanık mantıkla yapılan çalışmalarda uzman görüşü ve kurallar gereklidir. Eğer uzman görüşü ve kurallar tam olarak belirlenemezse hassas sonuçlar elde edilemez. Optimizasyon yöntemlerinde ise uzman görüşüne ve kurallara gerek yoktur. Bu yüzden, hassas sonuç elde edilmesi daha kolaydır. Bu çalışmada da YSA'nın ağırlıklarının güncellenmesi için Genetik Algoritma optimizasyon yöntemi olarak kullanılmıştır. Optimizasyon yöntemi ile yapılan melez YSA yönteminin algoritması Şekil 8'de gösterilmektedir.



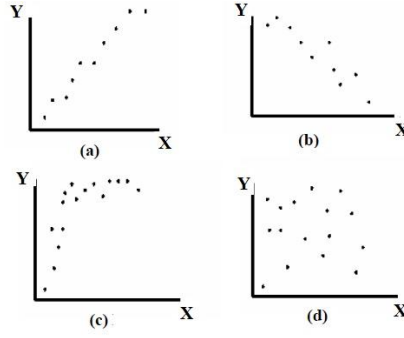
Şekil 8. Melez YSA algoritması

Diğer bir tahmin yöntemi ise regresyondur. Regresyonda bağımlı ve bağımsız değişkenler bulunmaktadır. Bu değişkenler arasındaki ilişkiye göre bir denklem oluşturulur ve bu denklem ile tahmin işlemleri gerçekleştirilir. Bu denklem, denklem (6)'da gösterilmektedir [19].

$$Y = a + b.X \quad (6)$$

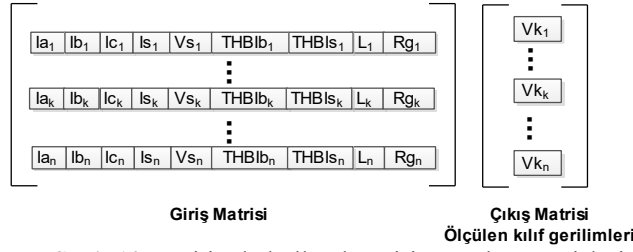
Burada y bağımlı değişken, X bağımsız değişken, a ve b ise katsayılarıdır. Bağımlı değişken genellikle çıkış verisi iken bağımsız değişkenler ise giriş verileridir.

Bu girişler ve çıkışlar arasında doğru veya ters ilişkiler bulunabilir. Eğer bir girişin değeri artarken çıkışın değeri de artıyorsa doğru orantılı bir ilişki vardır denir. Eğer bir girişin değeri artarken çıkışın değeri azalıyorsa veya bu olayın tam tersi oluyorsa ters orantılı bir ilişki vardır denir. Bu girişler ile çıkışlar arasındaki ilişkiye göre bir denklem elde edilir ve buna göre parametre tahmini yapılmaktadır. Bu ilişkiler Şekil 9'da gösterilmektedir.



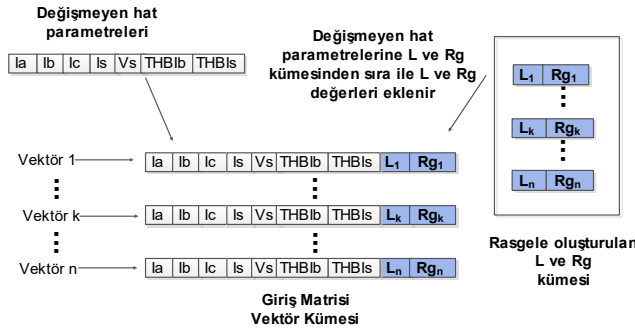
Şekil 9. Değişkenler arasındaki ilişkiler, (a) doğru yönlü, (b) ters yönlü, (c) Doğrusal olmayan, (d) ilişkisiz.

Literatürden, benzetim çalışmalarından ve uygulamadan görüldüğü üzere kılıf gerilimi üzerinde hat uzunluğu (L), kılıf toprak geçiş direnci (Rg), hat akımları (Ia, Ib, Ic), sıfır bileşen akımı (Is) ve gerilimi (Vs), hat başı toplam akım harmoniği bozunumu (THBIb), hat sonu toplam akım harmoniği bozunumunun (THBIs) etkin olduğu görülmüştür. PSCAD/EMTDC benzetim programında, farklı hatlar için Ia, Ib, Ic, Is, Vs, THBIb, THBIs, L ve Rg parametre değerlerine göre benzetim yapılmış ve bu hatlara ait kılıf gerilimleri (Vk) ölçülmüştür. Tahmin yöntemlerinin eğitim çalışmalarında Ia, Ib, Ic, Is, Vs, THBIb, THBIs, L ve Rg parametreleri giriş verileri ve bu parametre değerlerine göre PSCAD/EMTDC benzetim programında ölçülen Vk değerleri de çıkış verileri olarak kullanılmıştır. Tahmin yöntemlerinin eğitiminde kullanılan giriş ve çıkış verilerinin bulunduğu matrisler Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10. Eğitimde kullanılan giriş ve çıkış matrisleri

Tahmin yöntemlerinin eğitim işlemleri tamamlandıktan sonra PÇT parametrelerinin optimizasyonu yapılabilir. PÇT yönteminin optimizasyonunda amaç güvenlik ve ekonomikliğı sağlayacak en uygun L ve Rg değerlerinin belirlenmesidir. Dolayısıyla bu parametrelerin optimizasyonu için bir giriş matrisi gerekmektedir. Bu giriş matrisi ile hatta oluşabilecek kılıf gerilimi tahmin edilmekte ve tahmin edilen bu kılıf gerilimine göre de optimum L ve Rg değerleri belirlenmektedir. L ve Rg değerleri, belli bir uzunluğa sahip, belli bir yük akımına sahip ve belli bir harmonik bozunumu olan bir hatta ait olacaktır. Dolayısıyla bazı parametreler değişmezken L ve Rg değerleri değişecektir. Şekil 11’de PÇT parametre optimizasyonunda kullanılacak giriş matrisinin nasıl oluşturulduğu özetlenmektedir.



Şekil 11. Giriş Matrisi Oluşturma

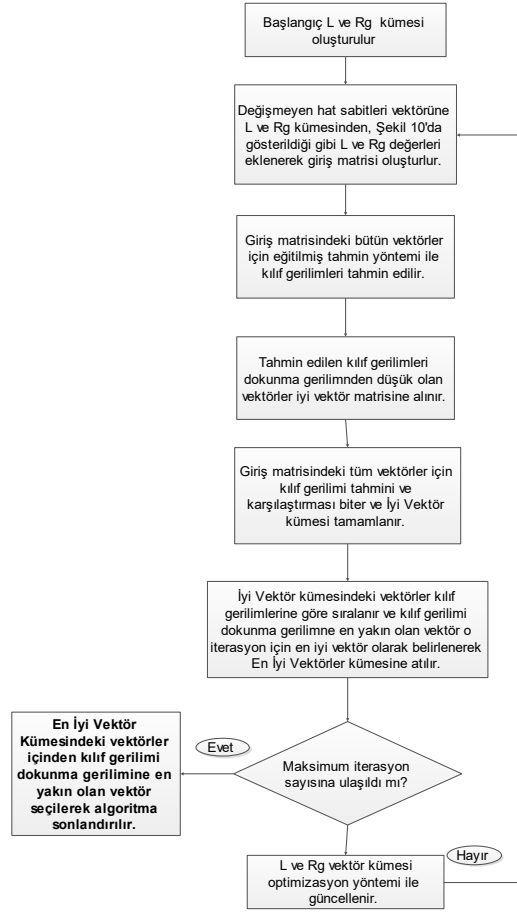
Kılıf geriliminin tahmininde kullanılacak giriş matrisinin her bir elemanı bir vektör olarak tanımlanmıştır. Bir vektör oluşturulurken Ia, Ib, Ic, Is, Vs, THBIb ve THBIs parametreleri de belli olduğu için bu veriler sabit tutulmuş, değişik L ve Rg parametre değerleri ile giriş matrisinin vektörleri oluşturulmuştur.

PÇT parametreleri optimizasyonunda güvenlik ve ekonomiklik temel ölçütlerdir ve optimizasyon algoritması da buna göre şekillenmiştir. Güvenlik denilince akla en önce insan sağlığı gelmektedir. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliğine göre alternatif akımda dokunma geriliminin sınır değeri 50 V (etkin değer) olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla PÇT parametre optimizasyonunda 50 V kılıf gerilimi sınır olarak belirlenmiştir. Yani PÇT yönteminde parça uzunluğu belirlenirken parça üzerindeki gerilimin 50 V seviyesini geçmemesi amaçlanır. Diğer bir ölçüt ise ekonomiktir. Yani PÇT yönteminde parça sayısı ne kadar az olursa yapılan topraklama maliyeti de o denli az olacaktır. Dolayısıyla parça uzunluğu olan L değeri de dokunma gerilimine en yakın değerde olacak şekilde belirlenir. Yani parça uzunluğu belirlenirken, eğitimi tamamlanmış tahmin yöntemi ile tahmin edilen kılıf gerilimi dokunma gerilimine ne kadar yakın değerde ise parça uzunluğu da o denli en yüksek değerdedir. Böylece parça uzunluğu

olan L en yüksek değerinde ve parça sayısı da en düşük değerinde olacaktır. Böylece hem güvenlik hem de ekonomiklik sağlanacaktır. PÇT parametre optimizasyonu Şekil 12’de gösterilen algoritma ile yapılır.

L ve Rg kümesini güncelleme işleminde, L ve Rg değerleri kendileri için belirlenen sınır değerler içinde yeni değerler alırlar. Bu yeni değerlerin belirlenmesinde L ve Rg parametrelerinin ait oldukları vektör için tahmin edilen kılıf gerilimi kullanılır. Kılıf gerilimi değeri iyi olan vektörlerdeki L ve Rg değerlerinde çok değişiklik yapılmazken, kılıf gerilimi değerleri iyi olmayan vektörler de büyük değişiklikler yapılır.

Her iterasyon sonunda bir tane iyi vektör seçilerek iyi vektör kümesi maksimum iterasyon sonunda tamamlanır. Belirlenen iterasyon sayısı tamamlandıktan sonra iyi vektörler kümesindeki vektörler kılıf gerilimlerine göre sıralanırlar. İyi vektörler kümesi içinde kılıf gerilimi dokunma gerilimine en yakın olan vektör en iyi vektör olarak seçilir. Seçilen en iyi vektördeki L ve Rg değerleri PÇT yöntemi için en uygun değerlerdir.



Şekil 12. PÇT optimizasyon algoritması

3. Bulgular

Bu çalışmada hat gerimi 31,5 kV, toplam uzunluğu 1000 m, faz akımları 443 A, 492 A ve 367 A ve 1x 240mm² kesitli XLPE yalıtkanlı yüksek gerilim kablosuna sahip bir yüksek gerilim hattı için PÇT yöntemi ile kablo topraklaması projelendirilmiştir. PÇT parametrelerinin optimizasyonunda tahmin yöntemleri olarak İleri Beslemeli YSA (İYSA), Layer Recurrent YSA (LRYSA), NARX YSA (NARXYSA), Genetik Algoritma ile yapılan melez YSA (GA-YSA), Doğrusal Regresyon (DR), Tree Regresyon (TR) ve SVM Regresyon (SVMR) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler öncelikle bir veri seti ile eğitilmiştir. Eğitim işlemi için 52x11 boyutunda bir veri seti kullanılmıştır. Bu veri setini oluşturmada 52 ayrı yüksek gerilim kablolu hattın benzetimi PSCAD/EMTDC programında yapılmıştır. Daha sonra bu eğitilmiş yöntemler ile yüksek gerilim kablosunun metal kılıfı üzerinde oluşacak olan kılıf gerilimi tahmin edilmiştir. Tahmin edilen kılıf gerilimine göre de en uygun L ve Rg değerleri belirlenmiştir. Bunların optimizasyonu için de Genetik Algoritma kullanılmıştır.

Bu yöntemler ile ayrı ayrı L ve Rg değerleri belirlenmiş ve belirlenen değerler PSCAD/EMTDC programında kurulan yüksek gerilim hattı için uygulanmıştır. Algoritma sonucunda tahmin edilen gerilim ile PSCAD/EMTDC programında ölçülen gerilimler karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Yöntem	L (m)	Rg (ohm)	Tahmin edilen V _k (V)	PSCAD ölçülen V _k (V)
İYSA	211	27,83	40	37,44
LRYS	233	14,10	58	48
NARXYS	147	18,17	69	31
GA-YSA	337	11,85	59,59	59,13
DR	242	45,93	69,07	42,92
TR	253	46,8	70	49
SVMR	234	16,1	68,78	48

Tablo 1’de L ve Rg parametrelerinin optimum değerleri yöntemlere göre verilmiştir. Tabloda verilen değerlere göre algoritmada tahmin edilen değerler “Tahmin edilen V_k” ile bu değerlerin PSCAD/EMTDC programında yerine konularak benzetimi yapıldığında ölçülen değer ise “PSCAD ölçülen V_k” ile verilmiştir.

4. Sonuç

Yüksek tahmin doğruluğuna sahip bir tahmin yönteminin amaç fonksiyonu olarak kullanıldığı bir PÇT optimizasyonunda, güvenlik ve ekonomiklik bakımından en uygun parametreler belirlenir. Tablo 1’de gösterilen tahmin yöntemleri ile yapılan optimizasyon sonunda elde edilen L ve Rg değerleri PSCAD/EMTDC programındaki devrede yerine konmuş ve kılıf gerilimi ölçülmüştür. Tahmin yönteminin kılıf gerilimi ile ölçülen gerilim arasındaki fark en az olan GA-YSA yöntemi olan melez YSA yöntemidir ve doğruluk oranı da %99 civarındadır. Yani GA-YSA yönteminin amaç fonksiyonu olarak kullanılan bir PÇT optimizasyonunda başarı oranı daha yüksek olacaktır. Böylece elektrik tesislerinde hem can ve mal güvenliği hem de ekonomiklik sağlanmış olacaktır.

Kaynakça

- C. L. Bak and F. F. Silva, “High voltage AC underground cable systems for power transmission – A review of the Danish experience, part 1.” *Electric Power Systems Research*, vol. 140, pp. 984-994, 2016.
- A. D. Tziouvaras, “Protection of high-voltage AC cables”, in *Proc. 59th Annual Conf. for Protective Relay Engineers*, 2006, TX, USA, p. 48–61.
- K. G. Sachin, P. Arun, , “Study on Semi Conductive Layer during EHV XLPE Cable Joint Procedure” *International Journal of Novel Research in Engineering and Science*, vol. 3, pp. 8-11, 2016.
- S. Czapp, K. Dobrzynski, J. Kluczniak, “Calculation of induced sheath voltages in power cables – single circuit system versus double circuit system” *Journal of Information, Control and Management Systems*, vol. 12, pp. 113–123, 2014.
- K. V. Gouramanis, C. G. Kaloudas, T. A. Papadopoulos, “Sheath voltage calculations in long medium voltage power cables,” in *Proc.IEEE Trondheim Power Tech*, 2011,Norway, pp. 1–7
- C. K. Jung, J. B. Lee and J. W. Kang, “Sheath circulating current analysis of a cross-bonded power cable systems” *J Electr Eng & Technol*, vol. 2, pp. 320–328, 2007.
- J. R. Ruiz, A. Garcia and X. A. Morera., “Circulating sheath currents in flat formation underground power lines.” In *Proc. 2007 International Conf. Renewable Energies and Power Quality*, March 2007, pp. 1–5.
- C. K.Jung, J. B. Lee and J. W. Kang, “Sheath current characteristic and its reduction on underground power cable systems” IEEE Power Engineering Society General Meeting, CA, USA, 2005, pp. 2562–2569
- D. Xiang, Y. Yang, Z. Chengke and M. H. Donald, “Online Monitoring and Diagnosis of HV Cable Faults by Sheath System Currents”, *IEEE Transactions On Power Delivery*, vol. 32, pp. 2281-2290, 2017.
- Z. Shuai, G. Houlei and S. Yingtao. “A New Fault-Location Algorithm for Extra-High-Voltage Mixed Lines Based on Phase Characteristics of the Hyperbolic Tangent Function.” *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 31, pp. 1203-1212, 2016.
- L. Bessissa, L. Boukezzi, D. Mahi., “Influence of Fuzzy Parameters on the Modeling Quality of XLPE Insulation Properties under Thermal Aging.” *Fuzzy Information and Engineering*, vol. 8, pp. 101-112, 2016.
- B. Yunus, “Trend adjusted lifetime monitoring of underground power cable”. *Electric Power Systems Research*, vol. 143, pp. 189-196, 2016.
- L. Zhonglei, X. B. Du and L. Wang, “The calculation of circulating current for the single-core cables in smart grid”, in *Proc. 2012 IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia, China*, May 2012, pp. 1–4.
- Q. Jiangchao and S. Maryam, “A Zero-Sequence Voltage Injection-Based Control Strategy for a Parallel Hybrid Modular Multilevel HVDC Converter System”, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 30, pp. 728 – 736, 2015.
- N. Mehdi, M. Gerry, “Three-Phase Multi module VSIs Using SHE-PWM to Reduce Zero-Sequence Circulating Current”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, pp. 1659 – 1668, 2014.
- B. Akbal, “Applications of artificial intelligence and hybrid neural network methods with new bonding method to prevent electroshock risk and insulation faults in high-voltage underground cable lines”, *Neural Comput & Applic*, vol. 24, pp. 32-36, 2018.
- Ö. Otkun, R. Ö. Doğan and A. S. Akpınar, “Doğrusal Hareketli Sürekli Miknatıslı Senkron Motorun Yapay Sinir Ağ Tabanlı Skaler Hiz Denetimi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, vol. 30, pp. 395-404, 2015.
- A. Kayabaşı and A. Akdağlı, “Oyuk Yüklü Kompakt Mikroşerit Antenlerin Rezonans Frekansının Hesaplanmasında YSA ve BMSDUA Yöntemlerinin Kullanımı”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, vol. 31, pp. 105-117, 2016.
- S. Şahinler, “En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri.” *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 5, pp. 57-73, 2000.



Deep Learning Methods in Unmanned Underwater Vehicles

Ercan Ataner^{1*}, Büşra Özdeş², Gamze Öztürk³, Taha Yasin Can Çelik⁴, Akif Durdu⁵, Hakan Terzioğlu⁶

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4548-9968)

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3902-3053)

³Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3278-0016)

⁴Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3955-0953)

⁵Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

⁶Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804599)

ATIF/REFERENCE: Ataner, E., Özdeş, B., Öztürk, G., Çelik, T. Y. C., Durdu, A. & Terzioğlu, H. (2020). Deep Learning Methods in Unmanned Underwater Vehicles. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 345-350.

Abstract

Unmanned underwater vehicles (ROV/AUV) are robotic systems that can float underwater, are autonomous and remotely controlled. Nowadays, the Navy has focused on the operational use of unmanned underwater vehicles in the defense industry and in many areas, and has increased interest in this issue. Unmanned underwater vehicles are carried out in civilian and military applications for different and varied purposes like protection of national sources, protection of environmental sources and researches about that, miscellaneous construction activities, police of coastal and country. Also they can use civil and military applications and they helped they have helped with much of the academic and industrial research done in recent years. To sum up they are remotely controlled vehicles with observation and exploration features. This article discusses image processing and deep learning techniques in unmanned underwater vehicles. Also it presents an in-depth review of the artificial intelligence technique and aims to contribute to our country's defense industry. The options that will enable the vehicle to succeed in autonomous missions are mentioned. The Raspberry Pi 3 microprocessor was used in autonomous missions. The Raspberry Pi Camera Module, which is compatible with the Raspberry Pi 3, is preferred. Python was used as a programming language during software process. Objects in the images taken from the camera have been identified using the OpenCV library and deep learning. The TensorFlow library which deep learning library, was used for object detection and tracking. At the beginning The Faster-RCNN-Inception-V2 model was used as the Model. However, Faster-RCNN-Inception-V2 model and Raspberry Pi 3 FPS cooperation working did not show a good performance. For this reason, the SSDLite-MobileNet-V2 model, which is fast enough for most real-time object detection applications, is preferred.

Keywords: Deep Learning, Image Processing, Object Detection and Tracking, Raspberry Pi, Unmanned Underwater Vehicles.

İnsansız Su Altı Araçlarında Derin Öğrenme Yöntemleri

Öz

İnsansız su altı araçları (ROV/AUV) su altında yüzebilen, otonom ve uzaktan kontrol edilebilen robotik sistemlerdir. Günümüzde deniz kuvvetleri, savunma sanayii ve birçok alanda insansız su altı araçlarının operasyonel kullanımına olan ilgi giderek artmıştır. İnsansız su altı araçları doğal kaynakların korunması, çevresel kaynakların korunması ve bunların incelenmesi, muhtelif inşaat faaliyetleri, kıyı ve ülke güvenliğinin sağlanması gibi farklı ve çeşitli amaçlarla sivil ve askeri uygulamalarda yürütülmekte olup, son yıllarda yapılan akademik ve endüstriyel araştırmaların büyük bir kısmına yardım eden, gözlem ve keşif özelliğine sahip, uzaktan kontrol edilebilen araçlardır. Bu çalışmada insansız su altı araçlarında görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemlerinden bahsedilmektedir. Yapay zeka tekniğinin kapsamlı bir incelemesini sunmaktadır ve ülkemiz savunma sanayiine katkıda bulunmak amaçlanmaktadır. Otonom sürüş için Raspberry Pi 3 mikroişlemcisi kullanılmış olup kamera olarak ise Raspberry Pi 3 ile uyumlu olan Raspberry Pi Kamera Modülü tercih edilmiştir. Yazılım dili olarak ise Python kullanılmıştır. Kameradan alınan görüntülerdeki nesnelere, OpenCV kütüphanesi ve derin öğrenme kullanılarak tespit edilmiştir. Nesne tespiti ve takibi için derin öğrenme kütüphanesi olan TensorFlow kütüphanesi kullanılmıştır. Model olarak öncelikle Faster-RCNN-Inception-V2 modeli kullanılmıştır. Fakat

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4548-9968, ercanataner@gmail.com

FasterRCNN-Inception-V2 modeli ile Raspberry Pi 3 FPS bakımından iyi bir performans gösterememiştir. Bu nedenle çoğu gerçek zamanlı nesne algılama uygulaması için yeterince hızlı olan SSDLite-MobileNet-V2 modeli tercih edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Görüntü İşleme, İnsansız Su Altı Araçları, Nesne Tespiti ve Takibi, Raspberry Pi.

1. Introduction

Before the 20th century, people dreamed of exploring the Seas, the deep oceans. Unaware of the presence of crude oil under the sea, they were vulnerable to hazards that could come from the water. They didn't have the technology to investigate the sinking of ships. Nowadays, with the advancement of technology and the development of autonomous underwater vehicles, surveillance and reconnaissance, safety of critical areas, pipeline welding, mining, fisheries, archaeology studies, and environmental pollution biological resources in the river can be used for the detection of (Alam, Ray, & Anavatti, 2014).

Underwater studies are more troublesome than other environments. The difference in density and the fact that water is more open to the effect of distorting the data also complicates deep learning and image processing. Therefore, unmanned underwater vehicles provide ease of operation due to their suitability of dimensions and high maneuverability. Unmanned underwater vehicles mainly consist of two main groups, Joystick controlled and autonomous. Joystick-controlled ones are called "ROV (Remote Operating Vehicle)", while autonomous ones are called" AUV (Autonomous Underwater Vehicle)" (CANLI, KURTOĞLU, CANLI, & TUNA).

ROV (Remote Operating Vehicle) is an underwater vehicle that is controlled by the operator via a control and performs underwater work, if it is necessary to be defined in its most general form. ROVs can be relatively small and simple tools in size and function, only for monitoring purposes, to take images and make some measurements via underwater cameras. If necessary as well as many sensor, cameras, sonar, etc. that will be located on them, with this help, there can also be large systems that have a large degree of autonomous operation competence and perform quite complex functions using manipulators (CANLI et al.). Despite the increase in the number of hidden layers and nodes in artificial neural networks, artificial intelligence methods were no longer used in the early 2000s due to insufficient hardware developments. However, thanks to the GPU and other hardware developments, artificial neural networks, which consist of many hidden layers, have started to be used again, as their computational costs have decreased (Schmidhuber, 2015).

The phrase "Deep Learning" was first introduced in the context of artificial neural networks in 2000 by Igor Aizenberg et al (Aizenberg, Aizenberg, & Vandewalle, 2000). Artificial neural networks are complex systems formed by connecting artificial neurons with different topology and network models, which are similar to neurons, which are the basic unit of the human brain. An artificial neural network is a parallel connected hierarchical organization of many artificial neurons that interact with each other. The mathematical infrastructure of deep learning, which was founded in the 1960s - contrary to what is known - is not new. For deep artificial neural networks, it can be said that classic artificial neural networks are a special version of multi-layer and multi-neuron. The most important feature of deep learning networks, designed in different models depending on the field in which they are used, is that they do not need to do 'attribute engineering' to extract attributes appropriate to the problem (KIZRAK & BOLAT, 2018). Convolutional neural networks, a subspecies of multilayer forward-fed Artificial Neural Networks (Ysa), were introduced by Yann LeCun in 1998. (LeCun, Bottou, Bengio, & Haffner, 1998). It plays an active role in object detection and classification. Convolutional neural networks (CNN) are a type of Multi Layer Perceptron (MLP). Cells in the visual center are divided into subregions to cover the entire visual, simple cells are thought to have edge-like features, while complex cells are thought to concentrate on the entire visual with wider receivers. The cnn algorithm, an advanced neural network, was also inspired by the visual center of animals (Şeker, Diri, & Balık, 2017). The CNN consists of one or more fully connected layers, such as one or more convolutional layers, subsampling layers followed by a standard multilayer neural network (Zhang, Yang, Zhang, & Zhu, 2016).

Due to hardware developments, there have been significant developments in the fields of computer vision, machine learning and mobile robotics research in recent years. Developments in the field of deep learning, in particular, contain promising results (Wason, 2018). In recent years, deep learning methods have emerged as powerful machine learning methods for object detection and recognition (Deng & Yu, 2014). Object detection and object recognition, which are important elements of digital image processing applications, are topics that have been studied for many years. A large number of different algorithms have been developed for object detection and object recognition. Viola Jones was the first algorithm to effectively perform fast detection of objects (Viola & Jones, 2001). In recent years, thanks to advances in graphics processing units and deep learning, methods that can detect and identify objects with greater accuracy have been developed. In the literature, object tracking is generally discussed in four different stages. These stages are preliminary operations, object detection, object classification and object tracking (Özbaysar & Borandağ, 2018). Among these stages, object detection is of great importance and greatly affects the success of the stages after object detection. Popular libraries used for object detection and recognition when required literature scanning is performed include Single Shot Multibox Detector (SSD), Region Based Convolutional Networks(R-CNN), Fast R-CNN, Faster R-CNN, and Mask R-CNN (Özbaysar & Borandağ, 2018).

In a study conducted in 2012, the performance of artificial pattern recognition algorithms, which were designed by Google's research team and consist of 16000 processors and more than one billion connections, reached the human level (Lohr, 2012). In 2014, Facebook used deep-learning technology called DeepFace, which performs facial recognition tasks by adding 120 million parameters to automatically tag its users in photos (Taigman, Yang, Ranzato, & Wolf, 2014). Deep learning uses algorithms known as artificial neural networks inspired by the information processing methods of biological nervous systems. Thus, it allows computers to define what each data represents and learn models (Lee & Son, 2017).

In this study, Raspberry Pi 3 was used for autonomous driving in unmanned underwater vehicles. Python was used as the software language. The objects in the images taken from the camera were identified using the OpenCV library and deep learning. Deep learning, based on representing learning data, allows you to achieve highly successful results in the field of image processing and easily solve complex image processing problems.

The TensorFlow library was used for object detection and tracking. TensorFlow uses data flow graphs to create models and allows programmers to create multi-layered and large-scale artificial neural networks (Tokui, Oono, Hido, & Clayton, 2015). This framework, which was developed using Python, supports many languages such as Javascript, R, Swift as well as Python today. It also offers many object detection models (classifiers pre-trained with specific neural network architectures) in the TensorFlow detection model zoo collection.

2. Material and Method

2.1. The Materials Used

The Raspberry Pi 3 microprocessor was used for autonomous driving in the unmanned underwater vehicle. Raspberry Pi Camera Module, which is compatible with Raspberry Pi 3, was preferred as the camera. Python is used as the software language. Figure 1 shows the raspberry Pi 3 module, Figure 2 also shows the Raspberry Pi Camera Module.



Figure 1. Raspberry Pi 3

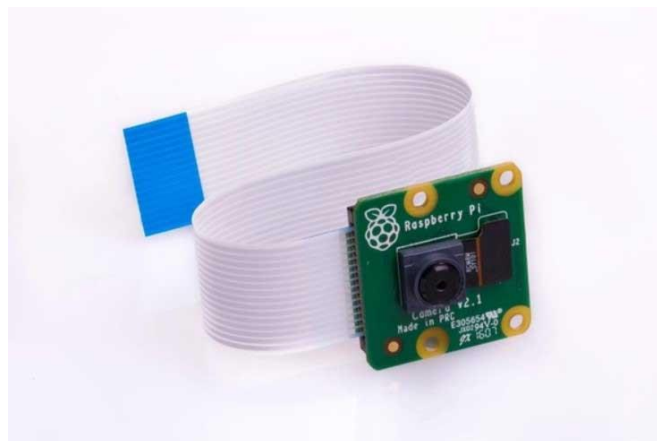


Figure 2. Raspberry Pi Camera Module

2.2. The Methods Used

The objects in the images taken from the camera were identified using the OpenCV library and deep learning. Deep learning, based on representing learning data, allows you to achieve highly successful results in the field of image processing and easily solve complex image processing problems. Although the training times of deep learning methods developed in recent years are long, the success rates achieved at the test stage have increased confidence in deep learning methods (Daş, Polat, & Tuna).

TensorFlow, Google's open source library, was used for object detection and tracking. TensorFlow is an open source deep learning library used for numerical computation using data flow graphs. The nodes in the graph represent mathematical operations, while the edges of the graph represent multidimensional data sequences (tensors) transmitted between them. Thanks to its flexible structure, it

allows calculations to be distributed to one or more CPUs on a desktop, server, or mobile device with a single API. This framework, which was developed using Python, supports many languages such as Python Javascript, R, Swift. It also offers many object detection models (classifiers pre-trained with specific neural network architectures) in the TensorFlow detection model zoo collection. SSD, R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN and Mask R-CNN models are widely used in object detection and tracking. Models such as the SSD-MobileNet model have an architecture that allows faster detection but with less accuracy. Models such as the Faster-RCNN model provide slower detection but greater accuracy (Galvez, Bandala, Dadios, Vicerra, & Maningo, 2018).

The R-CNN model is the most basic model that uses the region proposal approach. Fast R-CNN is a model developed to eliminate the slowness of the R-CNN model. This model passes the corresponding image through a conventional neural network only once. Instead of passing each region through a conventional neural network separately. A weakness of the Fast R-CNN model is the fact that it spends most of its time making region proposals during the testing phase. The model developed for faster implementation of regional proposals is Faster R-CNN. Faster R-CNN, which fully solves the slowness problem seen in R-CNN, can gain speed by making these suggestions within the network instead of receiving zone suggestions with selective search. In the Mask R-CNN model, a rectangle is drawn where the object is located, and all the pixels that this object occupies in the image are detected. The SSD model works faster than the Faster R-CNN and performs object detection at once. In R-CNN, the region proposal is made in two different stages, first determining the regions that are expected to be objects in the picture, and then classifying them with a fully connected layer. In the SSD model, these two stages occur at once. The models were compared according to different parameters and the results are given in Table 1.

Table 1. Comparison of models

	R-CNN	Fast R-CNN	Faster R-CNN
Test time per image	50 seconds	2 seconds	0.2 seconds
Speedup	1x	25x	250x
mAP (VOC 2007)	66.0	66.9	66.9

In order to detect an object or objects, we must first have data belonging to those classes. It is important that the data in our training kit matches the data in our test kit. Ensuring the same environmental conditions will allow the model to produce more successful results. In the similarity of ambient conditions in the trained and tested data, the model detects that object or objects with higher scores. For this reason, data collection was carried out underwater. The obtained 583 data is divided into 20% test folder and 80% train folder. The fact that the test and train data are very similar to each other causes the model to have an overfit (memorization) condition. In order to prevent this situation, attention has been paid to the diversity of data while collecting data. After data is collected, it is necessary to specify what the objects are. For this purpose, a labeling program called LabelImg was used. LabelImg produces files in xml format. The file contains the class name of the tagged object and the coordinates of the location where the object is located. Figure 3 shows the tagging of data with labellmg.



Figure 3. Tagging of data with labellmg

Xml files must be converted to a format that TensorFlow understands. For this purpose, first xml was converted to CSV, and then csv was converted to tfrecord, the format of TensorFlow. Then Labelmap is created. Labelmap defines the mapping of class names to class ID numbers, telling the tutorial what each object is. Then the object detection training line is configured. Finally, the training of the model was carried out. Faster-RCNN-Inception-V2 model was used as a model. However, with the Faster-RCNN-Inception-V2 model, Raspberry Pi 3 could not perform well in terms of FPS. For this reason, the SSDLite-MobileNet-V2 model is preferred, which is fast enough for most real-time object detection applications. The Python script in Object_detection_picamera. PY in this model detects real-time objects from a Picamera or USB webcam. When the script is run, a window opens showing the objects detected in the image. After the training, the model was tested and successful results were obtained.

3. Results and Discussion

Many different approaches and applications exist on object recognition or face recognition through image or image. The methods used in these approaches are different, and their success rates are low compared to the latest approaches in the literature (Baykara & Daş, 2013). However, the rate of success with deep learning was higher than other approaches. Object detection and tracking was performed using Faster-RCNN-Inception-V2 and SSDLite-MobileNet-V2. The 583 data obtained from the underwater object were divided into 20% test and 80% train folder and the original data set was created. In order to prevent the occurrence of a memorization situation, attention has been paid to the diversity of the data when collecting data. After collecting data, a labeling program called LabelImg was used, since objects must be specified what they are.

Xml was converted to CSV, and then csv was converted to tfrecord, the format of TensorFlow. Then Labelmap is created. Then the object detection training line is configured. Finally, the training of the model was carried out. Faster-RCNN-Inception-V2 model was used as a model. However, with the Faster-RCNN-Inception-V2 model, Raspberry Pi 3 could not perform well in terms of FPS. For this reason, the SSDLite-MobileNet-V2 model is preferred, which is fast enough for most real-time object detection applications. After the training, the model was tested and successful results were obtained. Figure 4 shows the detection and tracking of the circle under water with the trained model.



Figure 4. Detection and tracking of the circle under water with the trained model

The most important feature of the CNN model is that it is faster, more efficient in image processing, and most importantly, it automatically extracts attributes and reflects them to the result (Cömert, Kocamaz, & Subha, 2018).

As can be seen from Tests with the trained model, the Faster R-CNN model should be used to have a high success rate in object detection and tracking. however the Faster R-CNN needs more powerful hardware compared to other models, and it is also a slower model than the SSD model. In addition, the SSD model can detect objects quickly even in devices with low hardware. The success rate of the SSD model is lower than that of Faster R-CNN. For this reason, if the speed factor is important when performing object detection and tracking, the SSD model should be preferred.

4. Conclusions and Recommendations

The Raspberry Pi 3 was chosen as a microprocessor, considering the possibilities we have in order to detect and track objects in unmanned underwater vehicles. Python was used as the programming language. Deep learning, which enables the expansion of artificial intelligence and machine learning applications, provides highly successful results in the field of image processing, unlike algorithms for tasks, and allows complex image processing problems to be easily solved. In this study, TensorFlow library was used for deep learning and object detection and tracking. As a Model, the Faster-RCNN-Inception-V2 model was used, but the faster-RCNN-Inception-V2 model and the Raspberry Pi 3 did not perform well in terms of FPS. For this reason, the SSDLite-MobileNet-V2 model is preferred, which is fast enough for most real-time object detection applications. With these models, real-time object detection and tracking were performed and the strengths and weaknesses of the models were revealed.

5. Acknowledge

We would like to thank the chancellor of Konya Technical University Prof. Dr. Babür Özçelik, head of Electrical Electronics Engineering Department Prof. Dr. Cemil Sungur and all the personnel who contributed to the emergence of this work, for their endless support to us.

References

- Aizenberg, I. N., Aizenberg, N. N., & Vandewalle, J. (2000). Multiple-Valued Threshold Logic and Multi-Valued Neurons. In *Multi-Valued and Universal Binary Neurons* (pp. 25-80): Springer.
- Alam, K., Ray, T., & Anavatti, S. G. (2014). Design and construction of an autonomous underwater vehicle. *Neurocomputing*, 142, 16-29.
- Baykara, M., & Daş, R. (2013). *Real time face recognition and tracking system*. Paper presented at the 2013 International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO).
- CANLI, G. A., KURTOĞLU, İ., CANLI, M. O., & TUNA, Ö. S. DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İSAA-AUV & ROV TASARIM VE UYGULAMALARI. *GİDB Dergi*(04), 43-75.
- Cömert, Z., Kocamaz, A. F., & Subha, V. (2018). Prognostic model based on image-based time-frequency features and genetic algorithm for fetal hypoxia assessment. *Computers in Biology and Medicine*, 99, 85-97.
- Daş, R., Polat, B., & Tuna, G. Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelerin Tanınması ve Takibi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 571-581.
- Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and trends in signal processing*, 7(3-4), 197-387.
- Galvez, R. L., Bandala, A. A., Dadios, E. P., Vicerra, R. R. P., & Maningo, J. M. Z. (2018). *Object detection using convolutional neural networks*. Paper presented at the TENCON 2018-2018 IEEE Region 10 Conference.
- KIZRAK, M. A., & BOLAT, B. (2018). Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(3), 263-286.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324.
- Lee, K., & Son, M. (2017). *Deepspotcloud: leveraging cross-region gpu spot instances for deep learning*. Paper presented at the 2017 IEEE 10th International Conference on Cloud Computing (CLOUD).
- Lohr, S. (2012). The age of big data. *New York Times*, 11(2012).
- Özbaysar, E., & Borandağ, E. (2018). *Vehicle plate tracking system*. Paper presented at the 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural networks*, 61, 85-117.
- Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H. (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47-64.
- Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M. A., & Wolf, L. (2014). *Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Tokui, S., Oono, K., Hido, S., & Clayton, J. (2015). *Chainer: a next-generation open source framework for deep learning*. Paper presented at the Proceedings of workshop on machine learning systems (LearningSys) in the twenty-ninth annual conference on neural information processing systems (NIPS).
- Viola, P., & Jones, M. (2001). *Rapid object detection using a boosted cascade of simple features*. Paper presented at the Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR 2001.
- Wason, R. (2018). Deep learning: Evolution and expansion. *Cognitive Systems Research*, 52, 701-708.
- Zhang, L., Yang, F., Zhang, Y. D., & Zhu, Y. J. (2016). *Road crack detection using deep convolutional neural network*. Paper presented at the 2016 IEEE international conference on image processing (ICIP).



STM32 Based Underwater Control Card Design

Ercan Ataner^{1*}, Büşra Özdeş², Akif Durdu³, Hakan Terzioğlu⁴

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4548-9968)

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3902-3053)

³Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

⁴Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804609)

ATIF/REFERENCE: Ataner, E., Özdeş, B., Durdu, A. & Terzioğlu, H (2020). STM32 Based Underwater Control Card Design. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 351-356.

Abstract

Unmanned underwater vehicles (ROV/AUV) are robotic systems that can float underwater, are autonomous and remotely controlled. Today, unmanned underwater vehicles are used in a wide range of areas such as underwater search and rescue operations, ship underwater maintenance and repair operations, taking images from dangerous environments where divers cannot enter, military use, inspection of wrecks and underwater cleaning.

The number of ROV/AUVs with domestic hardware and software on the sector is very limited. Because of this deficiency, we worked on such a project to support nationalisation. Designed for underwater vehicles, the Control Board used the ARM-based STM32 microprocessor and auxiliary elements such as IMU, pressure sensor, communication card. Only 2% of microprocessors produced in the world are used in personal computers. The remaining 98% is inside the electronic devices in our lives. There's no way anyone familiar with the developments in electronics these days has ever did not heard of ARM. Almost all mobile devices, especially mobile phones, have processors with ARM architecture. The designed control card can be used for vehicle control and communication with the ground station in remote controlled and autonomous vehicles.

In this study, the design of the Control Board, which will perform depth and direction control of underwater vehicles using PID algorithms, was explained. Instead of automatic cruise control systems for ROV / AUV platforms that currently need to be imported from abroad, it is aimed to develop innovative automatic cruise control systems (hardware and software) and sub-components domestically.

Keywords: ARM (Acorn RISC Machine), AUV (Atonomus Underwater Vehicle), PID (Proportional Integral Derivative), ROV (Remoted Operating Vehicle), IMU (Inertial Measurement Unit)

STM32 Tabanlı Sualtı Kontrol Kartı Tasarımı

Öz

İnsansız su altı araçları (ROV/AUV) su altında yüzebilen, otonom ve uzaktan kontrol edilebilen robotik sistemlerdir. Günümüzde insansız su altı araçları su altı arama kurtarma çalışmaları, gemi su altı bakım ve onarım işlemleri, dalgıçların giremeyeceği tehlikeli ortamlardan görüntü alma, askeri amaçlı kullanım, batıkların incelenmesi ve su altı temizliği gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Piyasada yerli donanıma ve yazılıma sahip ROV/AUV sayısı çok azdır. Bu eksiklikten yola çıkarak yerleşmeyi desteklemek amacıyla böyle bir proje üzerine çalışma gereksinimi doğmuştur. Su altı araçları için tasarlanan kontrol kartında ARM tabanlı STM32 mikro işlemci kullanılmış olup IMU, basınç sensörü, iletişim kartı gibi yardımcı elemanlar kullanılmıştır. Bugün dünyada üretilen mikro işlemcilerin %2 gibi küçük bir bölümü kişisel bilgisayarlarda kullanılıyor. Geri kalan %98'lik kısım hayatımızdaki elektronik cihazların içerisinde. Şu günlerde elektronik alanındaki gelişmelere aşına olan birinin ARM ismini duymamış olmasına imkan yok. Başta cep telefonları olmak üzere hemen hemen bütün mobil cihazlarda ARM mimarisine sahip işlemciler bulunuyor. Tasarlanan kontrol kartı uzaktan kontrollü ve otonom araçlarda aracın kontrolü ve su üstü istasyonu ile iletişim için kullanılabilir niteliktedir.

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4548-9968, ercanataner@gmail.com

Bu çalışmada su altı araçlarının derinlik ve yön kontrolünü PID algoritmaları kullanarak gerçekleştirecek kontrol kartının tasarımı anlatılmıştır. ROV/AUV platformlarına yönelik mevcut durumda yurtdışından ithal edilmesi gereken otomatik seyir kontrol sistemleri yerine, yurtiçinde yenilikçi otomatik seyir kontrol sistemleri (donanım ve yazılım) ve alt bileşenlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ARM (Acorn RISC Machine), AUV (Atonomus Underwater Vehicle), PID (Proportional Integral Derivative), ROV (Remoted Operating Vehicle), IMU (Inertial Measurement Unit).

1. Introduction

The increasing use of ROV/AUV systems in recent years, especially in the defense industry, has led to an increase in research on ROV/AUV systems. While the first ROV developers are still unknown, the pioneers in the ROV development process are considered to be a torpedo developed by Luppis-Whitehead Automobile in 1864 and an underwater vehicle developed by Dimitri Rebikoff in 1954, called POODLE. It was the American Navy that brought the use of ROVs to an operational level. The American Navy, which started developing a kind of underwater robot to recover underwater weapons lost during sea tests, rescued an atomic bomb lost in a plane crash off the town of Palomares in Spain in 1966 and rescued the submarine crew that sank off the coast of Ireland pioneered the operational use of underwater vehicles (Moore, Bohm, Jensen, & Johnston, 2010).

In our country, ROVs, which began to be used in experimental US minesweep ships in the 1970s, were first supplied from abroad in the 1990s and began to be used as a limited number of MK series in the Navy's minesweeping fleet. The Naval Forces Command, which was in search of domestic product supply due to the restrictions in its supply, first examined the SUTA (Underwater Technologies Research Institute) ROV in 1996, but later decided to work with TUBITAK on this issue. As the first serious study on this subject in our country, the ULISAR project carried out within the scope of the TUBITAK organization can be given as an example. Ulisar, a multi-purpose national Unmanned Underwater Vehicle developed by the Middle East Technical University with the support of TUBITAK, is a light-weight ROV aimed at diving up to 100 M and controlled via an acoustic link. 1 July 2006 - 1 July 2009, the project was continued on an academic basis and is the first important step in Turkey in this regard on the basis of conceptual proof. At the end of the project, the desired goals were not fully achieved. however, capable of visual navigation on them, cameras, searchlights, sonar, sonar, modem and other similar devices where acoustic sensors are installed, the relevant electronic cards are designed and prepared, where preparation of the software on these devices so as to provide convenience to the user resides on an operator console system was created (CANLI, KURTOĞLU, CANLI, & TUNA).

Underwater vehicles operating remotely or autonomously should be able to perform basic dynamic movements such as heading to a certain angle, descending to a certain depth, berthing and cruising. These movements are also expected to be successful in the against of disruptive effects such as rip currents. The increasing interest in underwater vehicles and the development of underwater vehicle technology have revealed the necessity to develop the controllers designed for these vehicles.

An integrated system formed with electronic hardware and software that takes place in any system and makes that system intelligent is called an embedded system (Gupta, 2012; Marwedel, 2006). The biggest difference of these software from the software on our computers is that they perform a single task and interact with the user indirectly. It is possible to see this system in almost all of the items which we use in our daily life. Currently, the number and use of devices using embedded CPU's tends to increase. Microcontrollers are found in almost every part of our lives and in every electronic device we use. Car, mobile phone, washing machine, dishwasher, which have become part of our daily life. Products like these are becoming programmable smart devices Day by day and shaping our lives. Microcontrollers are in constant communication and contact with the real world using sensors and actions according to the application areas in which they are used. This ensures that their potential for use is greater than that of an ordinary personal computer.

When microprocessors that have a great share in this transformation and widespread in the electronic device world are considered, it is obvious that ARM (Acorn RISC Machine) based microcontrollers designed by ARM company and produced by leading chip manufacturers have a clear advantage (BOLAT, SOLAK, & YAKUT, 2017). Until today, more than 15 billion chips using ARM technology have been produced and licenses for 640 processors have been sold to more than 200 companies. ARM is a generic name for a processor architecture that can handle 32-bit and 64-bit operations that are commonly used with low energy consumption, high speed and capacity characteristics and is designed in accordance with the RISC (Reduced Instruction Set Computer) command structure.

Recently, demand for low-cost ROV has increased by private companies, Professional Studies, University students and public organizations. The aim of this project is to design a control card for underwater vehicles using the PID approach (Åström, Hägglund, & Astrom, 2006) and the ARM-based STM32F103 development card. This work provides an effective hardware solution that enables monitoring, data collection or control of underwater vehicles for military usage.

2. Material and Method

In the application, ST brand 32-bit STM32F103 microcontroller, Bluerobotics production BAR30 pressure sensor and MPU6050 IMU and DS18B20 temperature sensor were used. In the software part, program codes are created in Keil compilers.

2.1. ARM Microcontroller

The STM32F103 series microcontroller contains a high-speed ARM Cortex-M3 32-bit RISC core operating on high-speed embedded memory, at a frequency of 72MHz. This card with 128 Kbyte flash memory and 20Kbyte SRAM has a wide variety of advanced I/O and peripherals connected to two APB buses. It offers standard and advanced communication interfaces with two 12-bit ADCs, three general purpose timers and a PWM timer. These features make the STM32F103 family suitable for a wide variety of applications such as motor drives, PC and gaming peripherals, GPS platforms, industrial applications, PLCs, inverters, printers, etc (Gay, 2018).

2.2. Sensors

MPU6050 is a 6-axis IMU sensor board that contains a 3-axis gyro and a 3-axis angular accelerometer. Uses the I2C protocol. Using tilt data from the sensor, PID control will ensure that the robot remains balanced under the water. Figure 1 shows the image of the MPU6050 sensor card.



Figure 1. MPU6050 IMU sensor card

The sensor selected for underwater pressure is Bluerobotics high resolution bar30 underwater pressure sensor. This sensor, which communicates with the I²C protocol, will be used to calculate depth. It will also provide data to the PID control unit. Figure 2 shows the BAR30 temperature sensor.



Figure 2. BAR30 pressure sensor

In addition, there is a DS18B20 temperature sensor to measure the temperature of the external environment on the vehicle and an LM35 temperature sensor to monitor the vehicle temperature. Underwater vehicles can be equipped with a wide range of sensors in accordance with the tasks in which they will be used (Yildiz, Yilmaz, & Gokalp, 2009). Examples include Sonar, magnetometer, barometer, conductivity and temperature sensors.

2.3. Communication Module

The Fathom -S tether Interface Card produced by Bluerobotics was used to provide communication between the underwater and the control unit. Fathom-X Tether Interface card provides the necessary communication and video signals for the control unit and the underwater vehicle over a single communication line. Figure 3 shows the Fathom -S tether interface card.



Figure 3. Fathom -S tether interface card

2.4. Computer Interface

A computer interface is designed to control the underwater robot and read the measurement values, as well as see the camera image. This interface, prepared in Visual Studio with C# language, is transmitted via USB port to the control card via serial communication of the joystick axis information it receives using the UART protocol (Pardue, 2007). In addition, sensor information will be read through the interface. The computer interface is given in Figure 4.



Figure 4. The computer interface

2.5. PCB Desing

A PCB is a board that holds electronic components together and connects them electrically. It is the building block of any electronic design. A PCB allows signals and power to be routed between physical devices (Jones, 2004; Sharawi, 2004). The microcontroller, sensors and feeding elements in the designed control card were designed in the Eagle program and a printed circuit board was created (Aono, 2011).

2.6. PID Control

Our control card has a STM32F103 microcontroller. The task of this microcontroller is to read the information from the sensors, to control the PID, to drive the motors, to control the lighting and to send information to the above water station from underwater. The system also has an interface card for surface communication. In this way, the video image taken from underwater and the information of the read sensors can be transferred to the surface station. With this study, control algorithms that will provide automatic depth and direction control capability have been developed using PID control technique (Ang, Chong, & Li, 2005; Maalouf et al., 2013; Shen, Cao, Zhou, Xu, & Gu, 2013). Figure 5 shows a block diagram of the designed system.

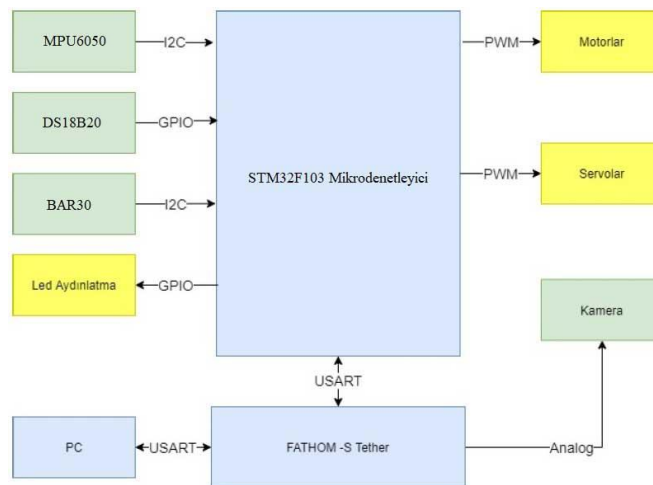


Figure 5. Block diagram of the designed system

PID control method is a feedback control mechanism commonly used in industrial control systems. A PID controller calculates an “error” value by taking the difference between the measured value and the desired reference value. The PID Controller aims to achieve the measured value to the desired reference value by controlling the process input.

PID control algorithms contain three separate fixed parameters. The proportional term aims to reduce the error in the system by multiplying it by a coefficient (K_p). This process allows the error to be corrected quickly, but there is a high probability of oscillation in the system. Integral means to find the area of the error, the error in each period is summed by multiplying by the (K_i) coefficient (Johnson & Moradi, 2005). The derivative is related to the change of time-dependent value. It detects the change in the system in advance and slows the system down so that it does not exceed the desired value. An example PID control block diagram is given in Figure 6.

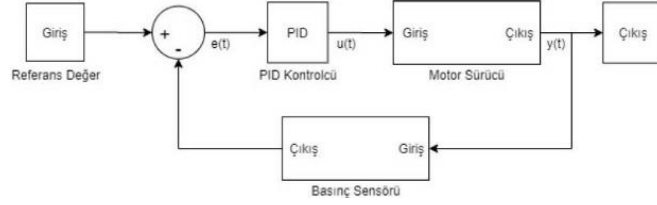


Figure 6. PID control block diagram

In order for the output of the system to follow the desired reference value in PID control, the coefficients of K_p , K_i , K_d must be adjusted accordingly. Figure 7 shows the PID control equation.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{d}{dt} \cdot e(t) \quad (1)$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (2)$$

Figure 7. PID control equation

In this method, the $u(t)$ controller output is obtained by multiplying the error signal $e(t)$ with the proportional term K_p , the integral term of the error signal with the K_i integral term, and the derivative of the error signal with the K_d derivative term. The effects of each PID coefficient on the system are given in Table 1.

Table 1. The effects of each PID coefficient on the system

Parameter Increase	Rise Time	Overshoot	Settling Time	Steady-State Error
K_p	Decrease	Increase	Small Change	Decrease
K_d	Small Change	Decrease	Decrease	Eliminate
K_i	Decrease	Increase	Increase	Small Change

In this system, the error value used for depth control consists of the difference between the value read from the pressure sensor and the reference value. Likewise, the error value used in balance control consists of the difference between the angle values read from the IMU and the reference value. The PID control system aims to bring this error value to the reference value using relevant algorithms. PID control algorithm is given in Figure 7.

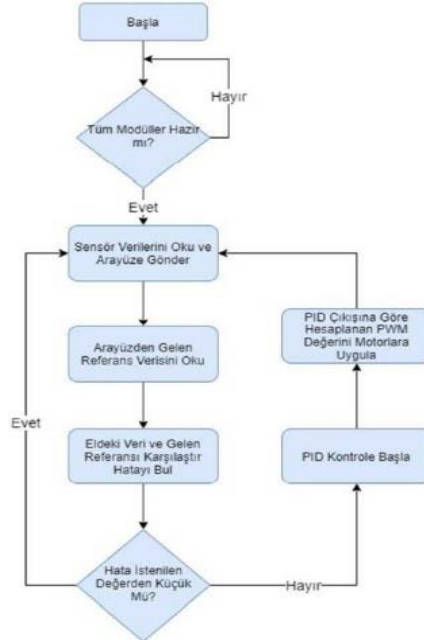


Figure 8. PID control algorithm

3. Results and Discussion

The increasing interest in underwater vehicles and the development of underwater vehicle technology have revealed the necessity of developing the controllers designed for these vehicles. When the literature is examined, it has been observed that simple control techniques such as PID are successfully applied to such systems (Ang et al., 2005; Khodayari & Balochian, 2015; Rivera, Morari, & Skogestad, 1986).

There are very few ROVs / AUVs in the market with domestic hardware and software. Based on this deficiency, it was necessary to work on such a project in order to support nationalization. It was investigated that the most suitable microcontroller for the underwater control card is the ARM based STM32F103 microcontroller card and the appropriate selection was made. Instead of automatic cruise control systems that are difficult to import from abroad in the current situation for ROV/AUV platforms, it is aimed to develop innovative automatic cruise control systems (hardware and software) and their sub-components domestically. Thanks to the designed control card, the ROV / AUV has a structure that provides its own balance against disturbing effects such as rip currents.

PID controller system consists of coefficients such as K_p , K_i , K_d . These coefficients differ for each system. The coefficients must be adjusted using appropriate methods according to the system used. In this project, PID coefficients are adjusted manually and can be changed instantly via the computer interface.

It is important to determine the control parameters in the PID control system. If the PID control parameters are not selected correctly, you can make the process you want to control even more unstable. In applications, factors such as physical, electrical, or load changes that occur during Operation change the system properties, accordingly, the adjusted gain values can negatively affect the operation of the system. Therefore, methods in which PID parameters are automatically calculated according to the dynamics of this changing system can be used (Grassi, Tsakalis, Dash, Gaikwad, & Stein, 2000; Xiaolan, Hanghui, & Debao, 2002).

4. Conclusions and Recommendations

The results obtained from this study can be used in the fields of scientific, technological and defense industries. It is believed that the results obtained at the end of this study will lead to the development of new projects related to ROV/AUV. The data obtained from this study will be a resource for future studies on this subject.

5. Acknowledge

During the execution of this study, we would like to thank the chancellor of Konya Technical University Prof. Dr. Babür Özçelik, head of Electrical Electronics Engineering Department Prof. Dr. Cemil Sungur and TUBITAK for supporting our project as part of 2209-A university projects support program.

References

- Ang, K. H., Chong, G., & Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology. *IEEE transactions on control systems technology*, 13(4), 559-576.
- Aono, K. (2011). Application note: Pcb design with eagle. *ECE480 Design Team*, 5, 1-33.
- Åström, K. J., Hägglund, T., & Astrom, K. J. (2006). *Advanced PID control* (Vol. 461): ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society Research Triangle
- BOLAT, E. D., SOLAK, S., & YAKUT, Ö. (2017). Yaygın Kullanılan ARM Tabanlı Tek Kart Bilgisayar Sistemleri ve Kullanım Alanları. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 4(1).
- CANLI, G. A., KURTOĞLU, İ., CANLI, M. O., & TUNA, Ö. S. DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İSAA-AUV & ROV TASARIM VE UYGULAMALARI. *GİDB Dergi*(04), 43-75.
- Gay, W. (2018). STM32F103C8T6 GPIO Pins. In *Beginning STM32* (pp. 393-400): Springer.
- Grassi, E., Tsakalis, K. S., Dash, S., Gaikwad, S., & Stein, G. (2000). *Adaptive/self-tuning PID control by frequency loop-shaping*. Paper presented at the Proceedings of the 39th IEEE Conference on Decision and Control (Cat. No. 00CH37187).
- Gupta, R. K. (2012). *Co-synthesis of hardware and software for digital embedded systems* (Vol. 329): Springer Science & Business Media.
- Johnson, M. A., & Moradi, M. H. (2005). *PID control*: Springer.
- Jones, D. L. (2004). PCB design tutorial. *June 29th*, 3-25.
- Khodayari, M. H., & Balochian, S. (2015). Modeling and control of autonomous underwater vehicle (AUV) in heading and depth attitude via self-adaptive fuzzy PID controller. *Journal of Marine Science and Technology*, 20(3), 559-578.
- Maalouf, D., Tamanaja, I., Campos, E., Chemori, A., Creuze, V., Torres, J., & Lozano, R. (2013). From pd to nonlinear adaptive depth-control of a tethered autonomous underwater vehicle. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(2), 743-748.
- Marwedel, P. (2006). *Embedded system design* (Vol. 1): Springer.
- Moore, S., Bohm, H., Jensen, V., & Johnston, N. (2010). Underwater Robotics. *Science, Design and Fabrication. Marine Advanced Technology Education Center (MATE), Monterrey CA, USA*.
- Pardue, J. (2007). *Virtual Serial Port Cookbook*: Smiley Micros.
- Rivera, D. E., Morari, M., & Skogestad, S. (1986). Internal model control: PID controller design. *Industrial & engineering chemistry process design and development*, 25(1), 252-265.
- Sharawi, M. S. (2004). Practical issues in high speed PCB design. *IEEE Potentials*, 23(2), 24-27.
- Shen, F., Cao, Z., Zhou, C., Xu, D., & Gu, N. (2013). Depth control for robotic dolphin based on fuzzy PID control.
- Xiaolan, W., Hanghui, D., & Debao, C. (2002). *PID self-tuning control based on evolutionary programming*. Paper presented at the Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation (Cat. No. 02EX527).
- Yildiz, O., Yilmaz, A. E., & Gokalp, B. (2009). State-of-the-art system solutions for unmanned underwater vehicles. *Sensors*, 1, 2.



Analysis of The Impact of Different Angles of Thrusters in Underwater Vehicles on Thrust Force in CAD Environment

Talha Gülgün^{1*}, Göksel Alankaya², Muhammet Emin Duran³, Mertcan Erdoğan⁴, İsmail Yalçınkaya⁵, Akif Durdu⁶, Hakan Terzioğlu⁷

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4896-8611)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7158-112X)

³ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9686-8602)

⁴ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4613-8729)

⁵ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6567-399X)

⁶ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

⁷ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804592)

ATIF/REFERENCE: Gülgün, T., Alankaya, G., Duran, M. E., Erdoğan, M., Yalçınkaya, İ., Durdu, A. & Terzioğlu, H. (2020). Analysis of The Impact of Different Angles of Thrusters in Underwater Vehicles on Thrust Force in CAD Environment. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 357-362.

Abstract

The need for unmanned underwater vehicles is increasing in the world and in our country. The use of unmanned underwater vehicles in ocean exploration, search and rescue, military and industrial applications is expanding day by day. In particular, unmanned underwater vehicles are an attractive option for underwater search, research and survey operations, as they are low cost compared to manned vehicles. In this article, a detailed vehicle design has been created and analyzed using the computer-aided design tool SOLIDWORKS. With these analyses, the effects of the angle of the engines positioned in unmanned underwater vehicles on speed, time, thrust force and precise positioning parameters will be explained by 2 simulation studies. The first of the simulations is the explanation of the data obtained as a result of the 45 degree angles of the thrusters to the body, and in the second simulation, the data obtained as a result of the positioning of the thrusters at 90 degree angles to the body. It has been observed that the angle of the thrusters positioned in line with the models made directly affects the maneuverability and thrust force. It has been observed that a vehicle positioned at an angle of 90 ° should be preferred in applications requiring gain from speed and time, and a vehicle positioned at an angle of 45 ° should be preferred in applications requiring precise positioning. In conclusion, in this study, it is defined how the thrusters positioning should be in order for the underwater vehicle designed to meet the requirements of a user to be the most efficient and suitable vehicle for the desired environment of mobility.

Keywords: Analysis, Angle of Thrusters, Mobility, Thrust Force, Unmanned Underwater Vehicle

Su Altı Araçlarında İtici Motorların Farklı Açılarda Konumlandırılmasının CAD Ortamında İtici Kuvvetine Etkisinin Analiz Uygulamaları

Öz

Dünyada ve ülkemizde insansız su altı araçlarına duyulan gereksinim giderek artmaktadır. İnsansız su altı araçlarının okyanus keşfi, arama – kurtarma, askeri ve endüstriyel uygulamalarda kullanım alanı her geçen gün genişlemektedir. Özellikle, insansız su altı araçları, insanlı araçlara kıyasla düşük maliyetli oldukları için su altı arama, araştırma ve anket işlemleri için cazip bir seçenek haline

*Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4896-8611, talhagulgunn@gmail.com

gelmektedir. Bu makalede, bilgisayar destekli tasarım aracı olan SOLIDWORKS programı kullanılarak ayrıntılı bir araç tasarımı oluşturulmuş ve analizlere tabi tutulmuştur. Bu analizler eşliğinde insansız su altı araçlarında konumlandırılan motorların açısının hız, zaman, itki kuvveti ve hassas konumlanma parametrelerine etkileri 2 simülasyon çalışması ile açıklanacaktır. Simülasyonlardan birincisi motorların gövdeye 45 derecelik açılar ile yerleşimi sonucu elde edilen verilerin açıklanması, ikinci simülasyonda ise motorların gövdeye 90 derecelik açılar ile konumlandırılması sonucu oluşan verilerin paylaşılmasıdır. Yapılan modellemeler doğrultusunda konumlandırılan motorların açısı manevra kabiliyetine ve itki kuvvetine doğrudan etki ettiği gözlemlenmiştir. Motorları 90° açı ile konumlandırılmış araç hız ve zamandan kazanım gerektiren uygulamalarda, 45° açı ile konumlandırılmış araç ise hassas konumlandırma gereken uygulamalarda tercih edilmesi gerektiği görülmüştür. Bu çalışmada, bir kullanıcının gereksinimlerini karşılamak için tasarlanan su altı aracının, hareket kabiliyetinin en verimli ve istenilen ortama uygun bir araç olması için motor konumlandırmalarının ne şekilde olması gerektiği tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analiz, Hareket Kabiliyeti, İnsansız Su Altı Aracı, İtki Kuvveti, Motor Açısı.

1. Introduction

Nowadays, unmanned underwater vehicles are used in a wide range of areas such as underwater search and rescue operations, ship underwater maintenance and repair operations, taking images from hazardous environments where divers cannot enter, military use, wrecks inspection and underwater cleaning (Li, Zhao, & Ge, 2018; Yi & Al-Qrimli, 2017).

The first remote-controlled underwater vehicle, closer to the form that is common today, is the Poodle vehicle designed by Dimitri Rebikoff in 1953 (Bovio, Cecchi, & Baralli, 2006). The US Navy's CURV Cable Controlled Underwater Recovery Vehicle removed an atomic bomb from under the sea after a plane crash off the Spanish town of Palomares in 1966, rescuing the crew of a submarine that sank off the coast of Ireland in 1973 when they had only a few minutes of oxygen left. They are the most important examples of how underwater vehicles can be operationally beneficial (Moore, Bohm, Jensen, & Johnston, 2010; Vukić & Mišković, 2016). Due to the as a matter of course of scientific research, more advanced technologies are needed. For this reason, the underwater systems used in the scientific field use the most complex and competent equipment (Eustice, Pizarro, & Singh, 2008). Unmanned underwater vehicles are basically evaluated in two main groups as Cable Controlled and Wireless-Autonomous (Omerdic & Roberts, 2004). The cable-controlled one is called "ROV (Remote Operating Vehicle)", while the autonomous one is called "AUV (ATONOMUS Underwater Vehicle)" (Amory & Maehle, 2018; Wu, 2018).

ROV systems have the best equipment and sensors among underwater systems for water base and underwater research purposes. Thanks to these sensors, extreme deep underwater biology and ecology, as well as habitat and organisms can be observed in detail. The flexibility of ROV systems enables different equipment and sensors to work harmoniously in many different scientific researches (Cui, Ge, How, & Choo, 2010). Furthermore, the high photographing capability and video recording systems in the cameras installed on the ROV systems enable the discovery of previously unexplored areas in the diving areas (Christ & Wernli Sr, 2013). In other words, ROVs provide scientists with more detailed information that man could not reach and provide before. ROV, in its most general definition, is an underwater robot that is controlled remotely by an operator and performs a number of functions that may be dangerous under water for different purposes.

Therefore, a ROV system consists of the operator controlling the vehicle as well as the equipment provided by the operator to control the vehicle, the cable connecting the vehicle to the surface, and the crane mechanisms that allow the vehicle to be land in water and taken back into the ground. ROVs " can be relatively small and simple vehicle means of taking images and making some measurements through underwater cameras for tracking purposes only. Many sensors that will be placed on them are cameras, sonar etc. By the help of these, there can also be large systems capable of operating largely autonomously and performing highly complex functions using manipulators (Christ & Wernli Sr, 2013). Today's technology, which makes the design and use of AUVs"s possible, enables unmanned underwater vehicles to act completely independently by hosting their own navigation systems and power units without cable connections that pose many problems and operational challenges (Alam, Ray, & Anavatti, 2014).

The aim of this thesis was to study two methods for determining appropriate thruster positions and angles in order to ensure the high maneuverability of remote controlled unmanned underwater vehicles (ROV) and autonomous unmanned underwater vehicles (AUV) in line with the specified targets. The first of these is the design model of the thrusters positioned at 45 degree angles. The reason for working on this model is that it provides the maneuverability that will enable the operator controlling the vehicle to perform the task more easily in applications requiring precise positioning. The other application studied is the design model, which deals with positioning the thrusters at 90 degree angles for situations requiring gain speed and time.

2. Material and Method

Underwater vehicles are robotic systems that can float underwater and are controlled from land by an operator (Stutters, Liu, Tiltman, & Brown, 2008). The main components of unmanned underwater vehicles are the chassis, thrusters, motor driver, battery(or power supply) and Control Board (Christ & Wernli Sr, 2013; Morgansen, Triplett, & Klein, 2007). If necessary, it can be equipped with different sensors and designed so that its operational capacity can be increased. These sensors are sonars (Forward View sonar, side scan sonar), magnetometers, cameras with different viewing capacities (low light camera, infrared camera, etc.), CTD (conductivity, temperature and depth), robot arm and cutting arm, water sample collector and equipment measuring water cleanliness can be given as examples (Choi, Hanai, Choi, & Yuh, 2003). Reasons why underwater vehicles are generally preferred; There is no-life-threatening during the mission (Singh, Roman, Pizarro, Eustice, & Can, 2007). Thanks to imaging techniques, monitoring of dangerous situations providable and can be taken precautions in advance. By means of purpose-oriented sensors, the desired data can

be obtained from the environment in which it is located. Thanks to its autonomous capabilities, it is able to perform tasks alone (Choi et al., 2003). With the purpose-oriented equipment to be installed on them, it can make instant interventions.

2.1. Thrusters

Underwater thrusters are called all underwater robots that need electric propulsion to move underwater, consisting of propellers and nozzles. In underwater vehicles, thrusters can be preferred in different configurations with different thrusters numbers and positioning variety (Omerdic & Roberts, 2004). According to the efficiency of the thrusters used, different thrust forces can be obtained by using them in the vehicle designed. The resulting thrust determines the performance of the vehicle by directly affecting parameters such as maneuverability, speed and time (Gonzalez, 2004).

2.2. Thrust

Thrust is a mechanical force generated by the engines to move the vehicle through in water. Thrust is used to overcome the drag of an vehicle, and to overcome the weight of a vehicle. Thrust is a force, so it is a vector with direction and magnitude. Thrust force T and drag force D forces are vectors associated with their direction and magnitude. The thrust minus the drag of the vehicle is called the excess thrust and has an effect on vehicle.

2.3. Computational Fluid Dynamics (CFD) Applications

Modeling and simulation is the practice that is at the heart of current technological innovations and has become a fundamental tool in many engineering fields. When designing underwater vehicles it is useful for time and cost to be subjected to some tests and analyses in a computer aided design (CAD) environment because the test stages are costly and time consuming.

With the increasing development of computers, Computational-Fluid Dynamics (CFD) applications have gained importance in the maritime industry (Amory & Maehle, 2018). Besides, for initial design and prototype testing, smaller-scale testing is often desirable and economical to run during the developmental stage (Chin & Lau, 2012). Two different methods can be used when carry out flow analysis.

The first of these is the ROV moving forward at a constant speed while the fluid domain remains static with no current flow. Another situation is that, instead of the ROV moving, the flow moves at a constant speed in the opposite direction to the ROV, which is statically stationary. Since the drag force depends only on the relative motion between the ROV and the fluid, the result obtained from the two situations is the same (Chin & Lau, 2012). Simulations were carried out taking in consideration of the stated circumstances.

2.4. Modeling of Thrusters

The main challenge in flow analysis is to determine the fluid domain size. In an unconnected fluid domain, an infinitely large fluid domain is needed to study the damping force acting on the ROV. This is impractical in both CFD and experimental process (Cely, Saltaren, Portilla, Yakrangi, & Rodriguez-Barroso, 2019). Because the environment being analyzed is a computational area, it was observed that the fluid field dimensions directly affect the resulting thrust Force values as a result of the flow analysis experiments.

Therefore, the simulated vehicle is placed in the center of the flow volume of 10 m x 5 m x 2m which is the testing area. The analysis was carried out in Solidworks Flow simulation. Flow analysis is based on the first case where the water is stationary and the vehicle is moving. In order to transfer this situation to the simulation environment, it is necessary to model the thrusters that enable the vehicle to move.

For the 3-blade propeller region of the thrusters, there will be a newly formed cylindrical disc covering the propeller in flow simulation. For the boundary zone, the rotor part of the thruster is chosen as the real wall and the stator (Aras et al., 2019). The analysis will result in the force target relative to the y-axis at 3075 rpm, at 3600 rpm, at 3783 rpm which are the angular speeds at which the thrusters is supplied at different operating voltages. The resulting force is shown by graphs. This force provides the movement of the vehicle by overcoming the resistance of the water against the movement of the vehicle.

3. Results and Discussion

3.1. Positioning of Engines at A 90 Degree Angle

2 thrusters were used for forward movement in the vehicle design. In Solidworks program, flow analysis was performed in the flow domain in the size of 10 meters x 5 meters x 2 meters. The following results were obtained when the thrusters were supplied current at different voltages.

At the forward motion of the vehicle;

- When 2 thrusters are powered by 12 V, it operates at a maximum of 3075 Rpm. As a result, the vehicle has a maximum speed of 3,7902 m/s and a total thrust of 5,4364 Kgf.
- When 2 thrusters are powered by 16 V, it operates at a maximum of 3600 Rpm. As a result, the maximum speed of the vehicle is 4,5040 m/s and the total thrust is 7,4835 Kgf.
- When 2 thrusters are powered by 20 V, it operates at a maximum of 3783 Rpm. As a result, the maximum speed of the vehicle is 4,8161 m/s and the total thrust is 6,7559 Kgf.

Figure 1 shows the graph of the thrust force that generated when the thrusters are supplied with 16V and in Figure 2 the visualization of the flow lines formed at the time of simulation. When the graph is examined, the total thrust is initially high and it has been observed that after 60 iteration it becomes stable by taking on a stable structure.

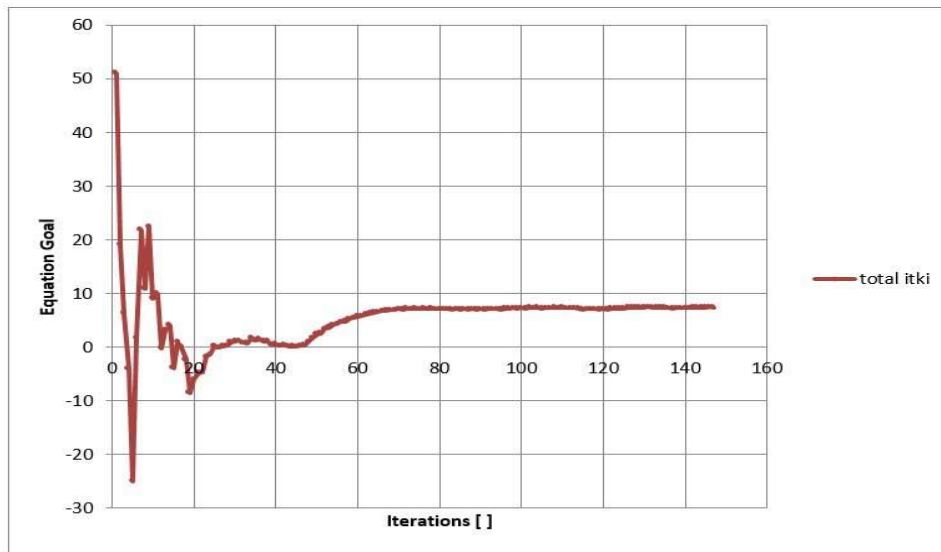


Figure 1. Graph of thrust force when thrusters are fed by 16V

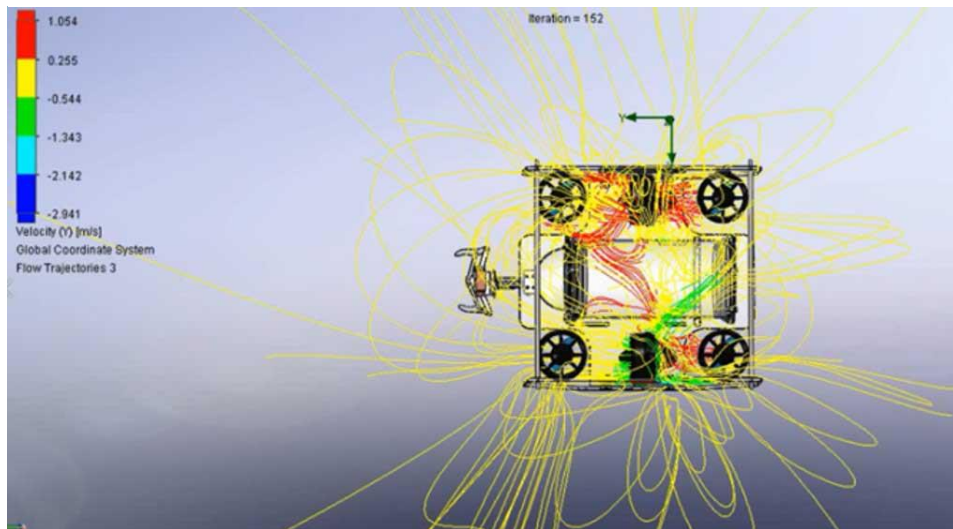


Figure 2. Visualization of flow lines formed during simulation

3.2. Positioning of Engines at A 45 Degree Angle

4 thrusters were used for forward movement in the vehicle design. In Solidworks program, flow analysis was performed in the flow domain in the size of 10 meters x 5 meters x 2 meters. The following results were obtained when the thrusters were supplied current 16V voltages.

- When 4 thrusters are powered by 16V, it operates at a maximum of 4200 Rpm. As a result, the maximum speed of the vehicle is 10,8719 m/s and the total thrust is 4,6233 Kgf.

Figure 3 shows the graph of the thrust force that generated when the thrusters are supplied with 16V and in Figure 4 the visualization of the flow lines formed at the time of simulation.

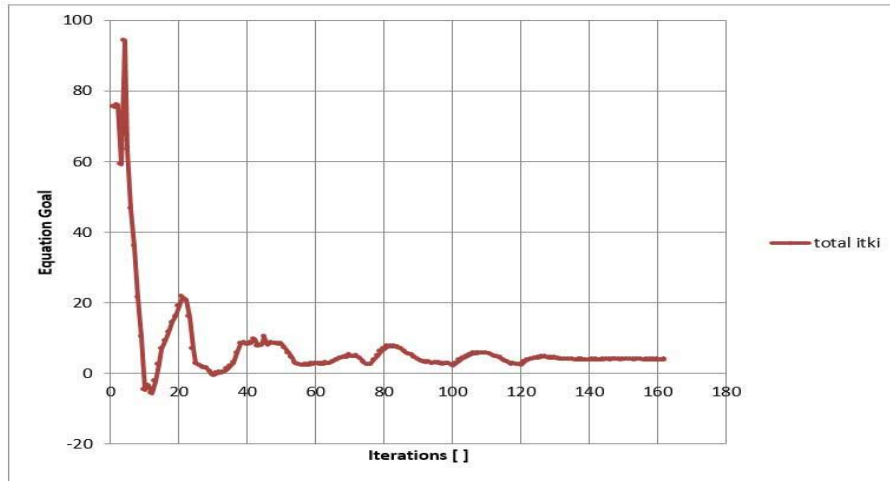


Figure 3. Graph of thrust force when thrusters are fed by 16V

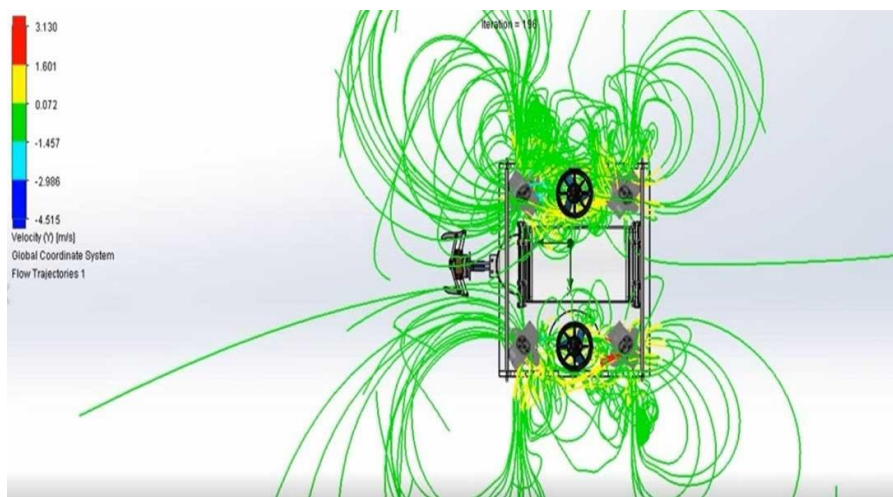


Figure 4. Visualization of flow lines formed during simulation

According to Newton's second law(basic principle of dynamics); while the mass of the vehicle remains constant, the reduction of the thrust force will mean the reduction of the acceleration (Yi & Al-Qrimli, 2017). As can be seen in the results of the analysis, it was observed that the thrusters, positioned at two different angles and operated at equal voltage values, it generate different thrust values. The acceleration of the vehicle, whose thrusters are positioned at a 90° angle relative to the body, is greater than that of the vehicle positioned at a 45° angle to the body. In this case it has been seen that this positioning will be appropriate for applications that require gain speed and time. It has been observed that positioning the thrusters at an angle of 45° to the body of the vehicle is appropriate in applications requiring precise positioning, since the thrusters array positioned at an angle of 90° to the body of the vehicle may cause problems due to high acceleration in applications requiring precise positioning.

The results from this study can be used in the scientific, technological and defense industries. After this article, it is aimed to make the right choices at the idea stage of the project, to develop these data and to serve the wishes of the designers by providing the engineers who want to conduct research on underwater vehicle design to learn about the propulsion force, acceleration and speed of the vehicle they will design. It is thought that the unmanned underwater vehicles to be designed will contribute to the defense industry as well as the purpose of underwater observation and exploration in our country, which is surrounded by sea on three sides by autonomous and/or remote control.

4. Conclusions and Recommendations

In this article, the speed, thrust and acceleration of underwater thrusters operating at equal voltage values on the same design model are calculated by positioning them at different angles. According to the results of the analysis, vehicle mobility, improving the maneuvers that the vehicle will perform in accordance with the desired function and these values were tested and compared in computer environment (CFD).

5. Acknowledge

We would like to thank the chancellor of Konya Technical University Prof. Dr. Babür Özçelik, head of Electrical Electronics Engineering Department Prof. Dr. Cemil Sungur, head of Mechanical Engineering Department Prof. Dr. Halil Kürsad Ersoy and all the personnel who contributed to the emergence of this work, for their endless support to us.

References

- Alam, K., Ray, T., & Anavatti, S. G. (2014). Design and construction of an autonomous underwater vehicle. *Neurocomputing*, 142, 16-29.
- Amory, A., & Maehle, E. (2018). *Modelling and CFD simulation of a micro autonomous underwater vehicle SEMBIO*. Paper presented at the OCEANS 2018 MTS/IEEE Charleston.
- Aras, M. S. M., Zhe, K. L., Aripin, M. K., Chaing, T. P., Shah, H. N. M., Khamis, A., . . . Rashid, M. Z. A. (2019). Design analysis and modelling of autonomous underwater vehicle (AUV) using CAD.
- Bovio, E., Cecchi, D., & Baralli, F. (2006). Autonomous underwater vehicles for scientific and naval operations. *Annual Reviews in Control*, 30(2), 117-130.
- Cely, J. S., Saltaren, R., Portilla, G., Yakrangi, O., & Rodriguez-Barroso, A. (2019). Experimental and Computational Methodology for the Determination of Hydrodynamic Coefficients Based on Free Decay Test: Application to Conception and Control of Underwater Robots. *Sensors*, 19(17), 3631.
- Chin, C., & Lau, M. (2012). Modeling and testing of hydrodynamic damping model for a complex-shaped remotely-operated vehicle for control. *Journal of Marine Science and Application*, 11(2), 150-163.
- Choi, H.-T., Hanai, A., Choi, S. K., & Yuh, J. (2003). *Development of an underwater robot, ODIN-III*. Paper presented at the Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)(Cat. No. 03CH37453).
- Christ, R. D., & Wernli Sr, R. L. (2013). *The ROV manual: a user guide for remotely operated vehicles*: Butterworth-Heinemann.
- Cui, R., Ge, S. S., How, B. V. E., & Choo, Y. S. (2010). Leader–follower formation control of underactuated autonomous underwater vehicles. *Ocean Engineering*, 37(17-18), 1491-1502.
- Eustice, R. M., Pizarro, O., & Singh, H. (2008). Visually augmented navigation for autonomous underwater vehicles. *IEEE Journal of oceanic Engineering*, 33(2), 103-122.
- Gonzalez, L. A. (2004). Design, modelling and control of an autonomous underwater vehicle. *BE Thesis, The University of Western Australia, Australia*.
- Li, X., Zhao, M., & Ge, T. (2018). A Nonlinear Observer for Remotely Operated Vehicles with Cable Effect in Ocean Currents. *Applied Sciences*, 8(6), 867.
- Moore, S., Bohm, H., Jensen, V., & Johnston, N. (2010). Underwater Robotics. *Science, Design and Fabrication. Marine Advanced Technology Education Center (MATE), Monterey CA, USA*.
- Morgansen, K. A., Triplett, B. I., & Klein, D. J. (2007). Geometric methods for modeling and control of free-swimming fin-actuated underwater vehicles. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(6), 1184-1199.
- Omerdic, E., & Roberts, G. (2004). Thruster fault diagnosis and accommodation for open-frame underwater vehicles. *Control engineering practice*, 12(12), 1575-1598.
- Singh, H., Roman, C., Pizarro, O., Eustice, R., & Can, A. (2007). Towards high-resolution imaging from underwater vehicles. *The International journal of robotics research*, 26(1), 55-74.
- Stutters, L., Liu, H., Tiltman, C., & Brown, D. J. (2008). Navigation technologies for autonomous underwater vehicles. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38(4), 581-589.
- Vukić, Z., & Mišković, N. (2016). State and perspectives of underwater robotics-role of laboratory for underwater systems and technologies. *Pomorski zbornik*(1), 15-27.
- Wu, C.-J. (2018). *6-DoF Modelling and Control of a Remotely Operated Vehicle*. Flinders University, College of Science and Engineering.,
- Yi, D., & Al-Qrimli, H. (2017). Identification of hydrodynamics coefficient of underwater vehicle using free decay pendulum method. *Journal of Powder Metallurgy & Mining*, 6(01).



Low-Cost Unmanned Underwater Vehicle Design

Talha Gülgün^{1*}, Göksel Alankaya², Muhammet Emin Duran³, Mertcan Erdoğan⁴, İsmail Yalçınkaya⁵, Akif Durdu⁶, Hakan Terzioğlu⁷

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4896-8611)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7158-112X)

³ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9686-8602)

⁴ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4613-8729)

⁵ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6567-399X)

⁶ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

⁷ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.804610)

ATIF/REFERENCE Gülgün, T., Alankaya, G., Duran, M. E., Erdoğan, M., Yalçınkaya, İ., Durdu, A. & Terzioğlu, H. (2020). Low-Cost Unmanned Underwater Vehicle Design. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 363-367.

Abstract

Unmanned underwater vehicles have become a tool needed in military, commercial and research review areas. underwater vehicles can take an active role in underwater search and rescue activities to remove objects from underwater and to make repairs with the arms to be mounted. In addition, they can undertake tasks such as target tracking and mapping at low depths with the cameras to be used in the vehicle. In this study, designed two low-cost unmanned underwater vehicles that could be used for missions such as underwater exploration and cleaning. While the number of engines were kept the same in the designed vehicles, two different sequences were used. When starting the design, they were a lot of titles take as a reference such as safety, cost, usability and ease of manufacturing. The designs that were drawn on paper with hand drawing were carefully examined and any negativity such as negligence, error, miscalculation was prevented. The manufactured vehicle has a high mobility in water and can maintain its own balance in water against external factors that may occur. This high mobility was achieved by using a six underwater thrusters. In order to maximize the buoyancy of the vehicle, the materials used in the vehicle were carefully selected. The vehicle chassis is made of Plexiglas and a sealed acrylic tube is used to protect the electronic components. In the front of the chassis, there is a robot arm made of PLA filament material in order to fulfill the planned tasks. While designing the mechanical equipment, the final design was created by considering the static and flow analysis.

Keywords: Desing, Low Cost, Mobility, Position of Thrusters, Unmanned Underwater Vehicle.

Düşük Maliyetli İnsansız Su Altı Araç Tasarımı

Öz

İnsansız su altı araçları askeri, ticari ve araştırma inceleme alanlarında ihtiyaç duyulan bir araç haline gelmiştir. Su altı araçları, monte edilecek olan robot kol veya kollar ile su altında arama kurtarma faaliyetlerinde çalışabilir, su altından cisim çıkarabilir ve onarım görevlerinde aktif rol oynayabilirler. Bununla birlikte araçta kullanılacak kameralar ile suyun derinliklerinde hedef takibi ve haritalama gibi görevleri de üstlenebilirler. Bu çalışmada, su altı keşif ve temizlik gibi görevlerde kullanılabilecek düşük maliyetli iki adet insansız su altı araç tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan araçlarda motorların sayıları aynı tutulurken, iki farklı dizilime yer verilmiştir. Tasarıma başlarken öncelik olarak güvenlik ön planda tutulup; maliyet, kullanılabilirlik ve imalat kolaylığı gibi birçok başlık

*Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4896-8611, talhagulgunn@gmail.com

referans alınmıştır. El çizimi ile kâğıda dökülen tasarımlar dikkatle incelenerek herhangi bir ihmal, hata, yanlış hesaplama gibi olumsuzlukların önüne geçilmiştir. Üretilen araç su içerisinde yüksek hareket kabiliyetine sahip ve oluşabilecek dış etkenler karşısında su içerisinde kendi dengesini sağlayabilen bir yapıdadır. Bu yüksek hareket kabiliyeti altı adet su altı motoru kullanılarak sağlanmıştır. Aracın yüzerliliğini maksimum seviyeye çıkarmak adına araçta kullanılan malzemeler özenle seçilmiştir. Araç şasisi pleksişglas malzemeden üretilmiştir ve elektronik bileşenlerin korunması için sızdırmazlığı sağlanmış akrilik tüp kullanılmıştır. Şasinin ön kısmında, planlanan görevleri yerine getirmek amacıyla PLA filament malzemesinden üretilen robot kol bulunmaktadır. Mekaniksel donanım tasarlanırken statik ve akış analizleri göz önünde bulundurularak nihai tasarım oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Düşük Maliyet, Hareket Kabiliyeti, İnsansız Su Altı Aracı, Motor Dizilimi, Tasarım.

1. Introduction

Underwater vehicles are robotic systems that can float underwater and are controlled from land by an operator (Stutters, Liu, Tiltman, & Brown, 2008). The main components of unmanned underwater vehicles are the chassis, engine, motor driver, battery (or power supply) and Control Board (Christ & Wernli Sr, 2013; Morgansen, Triplett, & Klein, 2007). If necessary, it can be equipped with different sensors and designed so that its operational capacity can be increased (Eustice, Pizarro, & Singh, 2008). Unmanned underwater vehicles are basically evaluated in two main groups as Cable Controlled and Wireless-Autonomous (CANLI, KURTOĞLU, CANLI, & TUNA). The cable-controlled one is called "ROV (Remote Operating Vehicle)", while the autonomous one is called "AUV (Atonomus Underwater Vehicle)" (Amory & Maehle, 2018; Wu, 2018).

Unmanned underwater vehicles, which play an important role in underwater research, continue to evolve day by day (Cui, Ge, How, & Choo, 2010). These include small size underwater vehicles; It has some advantages such as small volume, flexibility, low cost and easy to transport. Therefore, they are widely involved in undersea exploration, ocean exploration, earthquake and geothermal activity monitoring, and marine environment monitoring (Wynn et al., 2014). The first vehicle to be classified as an unmanned underwater vehicle was named SPURV (special purpose underwater research vehicle), developed in 1957 at the University of Washington laboratory of Applied Physics in the United States and designed to conduct research in Arctic waters (von Alt, 2003). The NPS AUV-II is an experimental unmanned underwater vehicle designed by the Naval Post Graduate School to build testing infrastructure for underwater vehicle modeling and underwater dynamics studies. This elliptical-bodied vehicle has four pairs of coupled rudders and a pair of twin propellers (Healey & Good, 1992). The Autosub is an unmanned underwater vehicle developed by the University of Southampton, capable of performing long-range and deep underwater missions. It was developed for scientific underwater studies that are not possible to be carried out with conventional research vessels. It has different types of physical, biological and chemical measurement equipment (Kimber & Scrimshaw, 1994).

This article aims to explain the appropriate design model of the vehicle intended to be used in underwater exploration and cleaning tasks, taking into consideration the low cost parameter. In order to avoid any negativity such as negligence, error or miscalculation, designs that are drawing on paper with hand drawing should be examined carefully. The vehicle that is planned to be manufactured, have a structure that has high mobility in water and can provide its own balance in water against external factors that may occur. In order to control the balance of the vehicle, the user can design own control cards by means of the appropriate equipment and software integrated into these equipment instead of sold in the sector. The materials used in the vehicle should be carefully selected in order to maximize the buoyancy of the vehicle. To ensure the protection of electronic materials, the underwater vehicle must have a sealing area (Aureli, Kopman, & Porfiri, 2009). Auxiliary mechanical parts such as flange and O-ring are required to ensure the sealing of the area. The robot arm must be mounted on the chassis to carry out the planned tasks. As a result of the titles referenced, the most appropriate design is included in the article.

2. Material and Method

Mechanical design is the process of developing a system, component, or process within the framework of the limits that can be produced in order to meet the desired needs. The mechanical design of the vehicle should be made taking into account the static and flow analysis. According to these analyses, it should be decided that the chassis will consist of one or more parts and which geometry it will have.

Considering the assembly and disassembly processes of the vehicles designed, it was deemed appropriate for the chassis to consist of three main plates. The thickness of the plates to be used was determined as 10 mm and 6 mm as a result of the static analysis, both plates did not undergo any deformation. Due to the fact that it is lighter in Weight, 6 mm thick plates are suitable for use. As a result of flow analysis, the engine positions were selected to suit the chassis in order to increase the vehicle's underwater maneuverability and balance.

2.1.Chassis Design

The chassis is the load-bearing frame of an artificial object, supporting its construction and function. In underwater vehicles, the chassis is used for the placement of the engine, sealing area, robot arm and various purpose-built sensors. The designed chassis should be strong, agile, modular and versatile (Choi, Hanai, Choi, & Yuh, 2003). The structure that forms the chassis must be made of material that provide fast manufacturing, affordable cost and the possibility to be revised.

In the designed vehicle, the Plexiglas plates are designed to be interlaced with channels so that the bottom and side plates of the chassis are simple to assembly. In addition, the connections of the chassis parts are strengthened with the help of corner mounting apparatus and shaft. It is placed in a sealed acrylic tube for the protection of the electronic components required for the vehicle from water. The acrylic tube is placed in the center of the undercarriage so as not to disturb the underwater balance of the vehicle. The tube seat, made of Plexiglas material, is designed and mounted on the chassis so that the tube can be mounted comfortably on the chassis underside. Thanks to the designed seat, the position of the tube is fixed. In addition, two touch and close fastener were used on the front and rear of the tube. Thanks to the touch and close fastener attached to the fixing holes in the lower plate, the tube is fixed to the lower plate. Metal connection clamps are also used to provide this function in underwater vehicles on the sector. For stable vectorial movement of the vehicle, the connections of the thrusters are adjusted so that the thrust center cross through the center of mass.

2.2. Electronic Enclosure

In machines containing electronic components, the preservation of these components is an important consideration in order to protect the machine from external factors. If underwater, a waterproof structure must be created to preserve electronic components (Choi et al., 2003; Gonzalez, 2004).

It was decided to use a Plexiglas tube to keep the electronic parts designated for the vehicle underwater. An aluminum flange with o-ring channels for sealing is designed to mount to the back and front of the tube. The reason for the choice of aluminium material is that the flange used for sealing purposes has an easy to handle structure compared to industrial plastic materials and the risk of being distortion during the manufacturing phase is lower. In the event of any distortion, the o-rings cannot be fully pressed against the surface of the tube and the tube cannot be fully sealed. In addition, aluminum flange is lighter than other metals and does not react chemically with water. Again, the back and front cover were used to apply pressure to the o-rings on the surface of the flange. The front cover is designed in The Shape of a semicircle to increase the camera angle. The seat is designed in the tube for the regular positioning of the electronic components to be used in the vehicle. This seat is designed to provide easy assembly and disassembly in case of any negative situation. The tube is kept large enough for heated electronic parts (ESC, DC-DC Converter) and the surface area is increased. This allows the tube to cool faster.

2.3. Thrusters

Thrusters are used to provide movement of the vehicle by means of the propeller, nozzle and rotor. In underwater vehicles, thrusters are used to create the direction of movement of the vehicle, as well as to maintain the balance of the vehicle (Omerdic & Roberts, 2004). For underwater vehicles, thrusters available on the market can be used or personal designed and printed with the help of a 3D printer engines are also used.

Six thruster motors will be used in the vehicles and two different motor sequences have been designed. The main factors in the choice of motors are the cost, low weight and reliable structure, so the motors printed on the 3D printer are used. The first of the designs used four thrusters for the X-Y plane movement of the vehicle and two thrusters for the Z plane movement. The other design uses two thrusters for X-Y plane movement and four thrusters for Z-plane movement.

In order to ensure the safety of the equipment and to prevent negative effects such as foreign objects being trapped between the propeller, the engine and propeller section of the thrusters are placed in the nozzle.

2.4. Manipulator (Robot Arm)

A robotic arm can be described as a whole of programmable mechanical parts or as part of a vehicle. The robot arm which will be used underwater should be designed and developed in accordance with the planned tasks and environmental conditions.

Robot arm is used to perform the desired tasks in the designed vehicles. The mouth opening is designed in maximum sizes to enable the robot arm to perform tasks successfully. In order to reduce the inertial force in robots, robots need to be designed lighter. The search for the creation of lighter activators has increased interest in pneumatic artificial novices. Displaying muscle-like properties, these novelizers offer attractive features such as high power/weight ratio, structural flexibility and adjustable rigidity (Colbrunn, Nelson, & Quinn, 2001). Accordingly, the points taken into consideration in this process are that the robot arm is unique, strong, has maximum mobility, is waterproof and does not pollute the water. As a result of the use of two servo motors and two gear wheels in the robot arm, the degree of freedom was increased by the opening-closing movement in the jaw part as well as by the rotation movement in the body part and a unique structure was obtained. The ability to grip objects is enhanced by making the inner surface of the jaw part curved and serrated.

2.5. Buoyancy

Buoyancy is the ability of the underwater vehicle to remain constant at any depth. Buoyancy is a very important parameter in order to ensure the mobility of underwater vehicles.

The vehicle is designed to minimize the load on the thrusters and achieve a more stable drive. The control of the underwater vehicle does not depend solely on the skill of the operator. If the vehicle is suspended in water, it will need less operator intervention. In order to achieve this, according to Archimedes principle, the weight of the vehicle in the water must be equal to the lifting force (Gonzalez, 2004). Because the stability of the vehicle in the water increases its mobility, the operator performs the tasks easily and the efficiency taken from the vehicle increases. Acrylic tube used in the protection of electronic components, due to the presence of air in the total volume of the vehicle 8613cm^3 , 61.53% of the water in the extra lifting effect makes. According to the calculations, the

lifting force acting on the vehicle is 8.613 kg – force. The vehicle is approximately 8 kg. Based on these results, a mass of 0.613 kg is needed to float the vehicle. Metal parts with high density are placed in the vehicle so as not to disrupt the vehicle's center of mass.

3. Results and Discussion

Four thrusters are positioned at a 45° angle to the X-axis for X-Y plane movement in the first line-up. Two thrusters are used for Z-axis movement. The first design is shown in Figure 1.

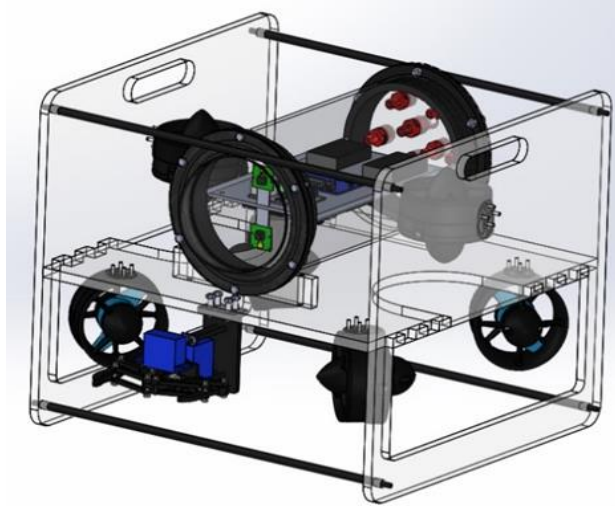


Figure 1. The first design

In the other type of design, two thrusters are positioned at a 90° angle to The X axis in the center of the vehicle. For the Z-axis movement of the vehicle, four thrusters are positioned at the upper corners of the plates. The second design is shown in 2.

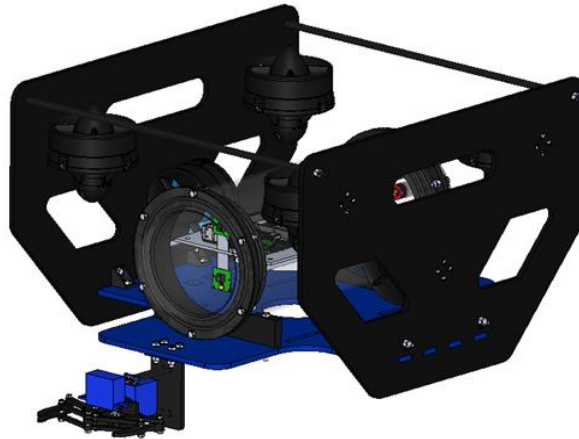


Figure 2. The second design

The balance of the vehicle is provided by the PID control system, which is software integrated into the appropriate hardware. The second sequence model, in which four thrusters are used for Z-axis movement, is designed because it is considered possible that two thruster motors for z-axis movement may cause possible balance problems in PID control system. The second sequence model allows both front – back and left – right movements on the vehicle to be easily intervenable.

Both designs were subjected to flow analysis and the results were compared. In the analyses, it was observed that the thrusters angles had a direct effect on the thrust force. It was calculated that the total thrust force of the design with thrusters angles of 45 degrees was lower than that of the vehicle design with thrusters angles of 90 degrees. While the mass of the vehicle remains constant, a decrease in thrust force will mean a decrease in acceleration. Since the acceleration of the second design model, whose thrusters are positioned at a 90° angle relative to the X axis, is greater than that of the first design model, which is positioned at a 45° angle relative to the X axis, this positioning will be suitable for applications requiring speed and time gain. It was observed that 45° thrusters positioning relative to the X axis would be appropriate for applications requiring precise positioning, as the thrusters arrangement positioned at an angle of 90° relative to the X axis may pose a problem due to its high acceleration in applications requiring precise positioning.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, two unmanned underwater vehicles with different thrusters sequences were designed, explaining the main topics required for the design of low-cost unmanned underwater vehicles that can be used for tasks such as underwater exploration and cleaning. Printing the propellant engines from the 3D printer, selecting the Plexiglas for the chassis material used in the design, using the original control card design instead of ready to fly control cards for the balance of the vehicle, are the main factors that make the underwater vehicle cost-effective.

As a result, our country is surrounded by sea on three sides, underwater observation, reconnaissance, search and rescue, disposable operational missions in the defense industry are increasingly important parameters required for the low cost of unmanned underwater vehicles are explained.

5. Acknowledge

We would like to thank the chancellor of Konya Technical University Prof. Dr. Babür Özçelik, head of Electrical Electronics Engineering Department Prof. Dr. Cemil Sungur, head of Mechanical Engineering Department Prof. Dr. Halil Kürsad Ersoy and all the personnel who contributed to the emergence of this work, for their endless support to us.

References

- Amory, A., & Maehle, E. (2018). *Modelling and CFD simulation of a micro autonomous underwater vehicle SEMBIO*. Paper presented at the OCEANS 2018 MTS/IEEE Charleston.
- Aureli, M., Kopman, V., & Porfiri, M. (2009). Free-locomotion of underwater vehicles actuated by ionic polymer metal composites. *IEEE/ASME transactions on mechatronics*, 15(4), 603-614.
- CANLI, G. A., KURTOĞLU, İ., CANLI, M. O., & TUNA, Ö. S. DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İSAA-AUV & ROV TASARIM VE UYGULAMALARI. *GİDB Dergi*(04), 43-75.
- Choi, H.-T., Hanai, A., Choi, S. K., & Yuh, J. (2003). *Development of an underwater robot, ODIN-III*. Paper presented at the Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)(Cat. No. 03CH37453).
- Christ, R. D., & Wernli Sr, R. L. (2013). *The ROV manual: a user guide for remotely operated vehicles*: Butterworth-Heinemann.
- Colbrunn, R. W., Nelson, G. M., & Quinn, R. D. (2001). *Design and control of a robotic leg with braided pneumatic actuators*. Paper presented at the Proceedings 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Expanding the Societal Role of Robotics in the the Next Millennium (Cat. No. 01CH37180).
- Cui, R., Ge, S. S., How, B. V. E., & Choo, Y. S. (2010). Leader–follower formation control of underactuated autonomous underwater vehicles. *Ocean Engineering*, 37(17-18), 1491-1502.
- Eustice, R. M., Pizarro, O., & Singh, H. (2008). Visually augmented navigation for autonomous underwater vehicles. *IEEE Journal of oceanic Engineering*, 33(2), 103-122.
- Gonzalez, L. A. (2004). Design, modelling and control of an autonomous underwater vehicle. *BE Thesis, The University of Western Australia, Australia*.
- Healey, A. J., & Good, M. R. (1992). The NPS AUVII Autonomous Underwater Vehicle Testbed: Design and Experimental Verification. *Naval Engineers Journal*, 104(3), 191-202.
- Kimber, N., & Scrimshaw, K. (1994). *Hydrodynamic testing of a 3/4 scale autosub model*. Paper presented at the Oceanology International.
- Morgansen, K. A., Triplett, B. I., & Klein, D. J. (2007). Geometric methods for modeling and control of free-swimming fin-actuated underwater vehicles. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(6), 1184-1199.
- Omerdic, E., & Roberts, G. (2004). Thruster fault diagnosis and accommodation for open-frame underwater vehicles. *Control engineering practice*, 12(12), 1575-1598.
- Stutters, L., Liu, H., Tiltman, C., & Brown, D. J. (2008). Navigation technologies for autonomous underwater vehicles. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38(4), 581-589.
- von Alt, C. (2003). 'Autonomous Underwater Vehicles', Woods Hole Oceanographic Institution. In: Technical Report, March.
- Wu, C.-J. (2018). *6-DoF Modelling and Control of a Remotely Operated Vehicle*. Flinders University, College of Science and Engineering.,
- Wynn, R. B., Huvenne, V. A., Le Bas, T. P., Murton, B. J., Connelly, D. P., Bett, B. J., . . . Parsons, D. R. (2014). Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience. *Marine Geology*, 352, 451-468.



Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Kullanılabilmesi için CANBUS Wi-Fi Dönüştürücüsü Tasarlanması

Hasan Üzülmez^{1*}, Süleyman Canan², Bayram Akdemir³

¹Elfatek Elektronik Makina Ve Otom.San. Ve Tic. Ltd. Şti, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8505-1429)

²Elfatek Elektronik Makina Ve Otom.San. Ve Tic. Ltd. Şti, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5842-5683)

³Konya Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0565-2345)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.804585)

ATIF/REFERENCE Üzülmez, H., Canan, S. & Akdemir, B. (2020). Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Kullanılabilmesi için CANBUS Wi-Fi Dönüştürücüsü Tasarlanması. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 368-372.

Öz

Günümüzde internetin yaygınlaşması ile birlikte her türlü cihazın internete bağlanması ile Nesnelerin İnterneti (IoT , Internet of Things) oluşumu ortaya çıkmıştır. Nesnelerin İnterneti birbiri ile ilişkisi olan bilgi işlem cihazları, dijital makineler, mekanik nesnelere ya da benzersiz tanımlayıcılarla sağlanan, insana gerek duymadan ağ üstünden veri aktarımı yapabilen sistemlerin tamamını açıklamaktadır. Endüstriyel Nesnelerin interneti de bu oluşumun sanayi makinelerine uygulanmış hali olmakla birlikte hızlı bir şekilde büyümekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada sanayide ve araçlarda kullanılan "CANBUS" iletişim protokolünün bir ara yorumlayıcı cihaz kullanılarak ağ üzerine çıkarılması ve nesnelerin interneti özelliği bulunmayan endüstriyel makinelere nesnelerin interneti özelliğinin kazandırılması amaçlanmıştır. "CANBUS" iletişim protokolü yapısı sayesinde 127 cihaza kadar cihaz sistemde yer alabilmektedir. Yapılması planlanan cihaz sayesinde bu cihazların tamamının verileri herhangi bir insan müdahalesine gerek duymaksızın internet ortamına aktarılmış, yan etken olarak cihaz ayarları ve yapılandırmaları güvenliğinin sağlandığı durumlarda internet üzerinden yapılmış olacaktır. Bildirinin sonucu olarak bu cihazın tasarım istemleri ve kullanım gereksinimleri ile yararlarının sanayideki makineler için yeterli olup olmadığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, Akıllı Fabrikalar, CANBUS, Kablosuz Haberleşme, CANOpen

Designing a CANBUS Wi-Fi Converter to Use Industrial Internet of Things

Abstract

Today, with the widespread use of the internet, the Internet of Things (IoT) has emerged with the connection of all kinds of devices to the internet. The Internet of Things is explained with systems that are related to each other, provided with computing devices, digital machines, mechanical objects, or non-unique, that can transfer data over the network without the need for human beings. Industrial Internet of Things is also the application of this formation to industrial machines, and it is growing and spreading rapidly. In this study, it is aimed to transfer the "CANBUS" communication protocol used in industry and vehicles onto the network by using an intermediate interpreter device and to bring the Internet of Things feature to industrial machines that do not have Internet of Things feature. Cause of the "CANBUS" communication protocol structure, devices up to 127 devices can be included in the system. With help of the device planned to be built, the data of all these devices will be transferred to the internet environment without the need for any human intervention, and as a side factor, device settings and configurations will be made over the internet when security is ensured. As a result of the paper, it has been shown whether the design, systems, usage requirements and benefits of this device are sufficient for machines in industry.

Keywords: IIoT , smart factory , CANBUS, Wireless Communication, CANOpen

1. Giriş

Endüstri Devrimi, 18. Yüzyılın başlarında buhar makinelerinin kullanılmasıyla başlamıştır. Birinci endüstri devrimi, yakıt olarak kömürün kullanıldığı buhar makinalarının, maden ve tekstil üretiminde yoğun olarak kullanıldığı sanayinin oluştuğu süreçtir.

*Sorumlu Yazar: Elfatek Elekt. Mak. Ve Otom. San. Ve Tic. Ltd. Şti, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4357-1829, hasan.uzulmez@elfatek.com.tr

19. yüzyılda, birinci endüstri devriminin ardından buhar makinalarının yerini yakıt olarak petrol, doğalgaz ve elektrik kullanılan makinalar almıştır. Yakıt çeşitliliğinde ki artış ile ikinci endüstri döneminde motorlu taşıtlar, hava ve deniz ulaşım araçları önem kazanmıştır. Ulaşım ve taşıma alanında ki gelişmeler sanayi üretimini artırmış, ekonomik gelişmeyi hızlandırmıştır.

20. yüzyılın ilk yarısından itibaren, elektrik ve elektronik alanında ki gelişmeler teknolojik devrimi başlatmış ve insan hayatını kolaylaştıran pek çok yenilik ortaya çıkarak üçüncü endüstri devrimi başlamıştır.

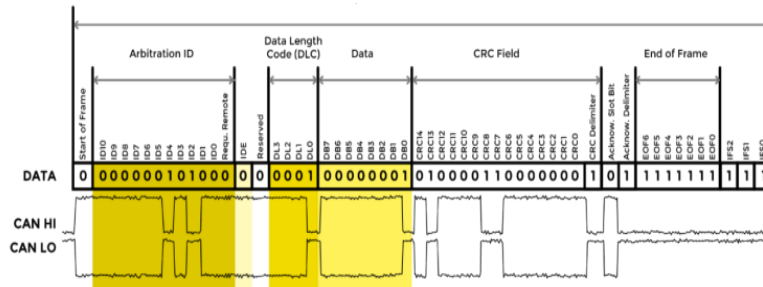
2000’li yıllar iletişim araçlarının yaygınlaşması ve toplumun büyük bölümü tarafından kullanılabilir hale gelmesi ile birlikte bilgi ve iletişim çağı başlamıştır. Bilginin hızlı ve kolay paylaşımı pek çok yeni teknolojinin hayatımıza girmesini sağlamıştır. Üretimde kullanılan robot teknolojileri ve 3D yazıcılar gibi imalat teknolojileri ürün maliyetlerini düşürmüş yüksek teknolojiyi toplumun geneline hitap eder hale getirmiştir. Dördüncü endüstri devriminin kendinden önceki dönemlerden farklı olarak insan makina etkileşimi azaltarak makinaların yapay zeka ve otonom teknolojiler kullanımını hedeflemektedir.

Endüstri 4.0, endüstriyel üretimde kullanılan elektronik ve mekanik tüm birimlerin birbirleri ile iletişim halinde çalışması ve bu kapsamda üretimin belirli kontrol mekanizmasına sahip olması temeline dayanmaktadır. Üretimdeki tüm birimlerden alınan geri bildirimler üretimin kalitesini artırmakla birlikte hata ayıklamasının daha kolay olmasını sağlamaktadır. Endüstri 4.0, kendinden önce gelen endüstri devrimlerinin güçlü yönlerini taşımaktadır. Endüstri devrimlerinin bu güçlü temel taşlarından bir tanesi de iletişim protokolü olan CANBus iletişim protokolüdür. Tek bir iletim hattına bağlı tüm birimlerin bilgilerini elde edilebilmesi CANBus’ u Endüstri 4.0’ a uyumlu bir iletişim protokolü yapmaktadır. CANBus iletişim protokolü, otomobil sektörü başta olmak üzere günümüz endüstrisinde birçok alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Kullanımının yaygınlığı ile CANBus iletişim protokolü birçok araştırmacı ve geliştiriciler tarafından farklı iletişim protokolleri ve uygulamalarla kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucu ortaya CANOpen yüksek seviyeli iletişim protokolü çıkmış, bu protokol ile CANBus iletişim protokolünün işlevselliği artırılmıştır. CANBus iletişim protokolünü temel alan CANOpen, CANBus yapısına belirli katmanların eklenmiş hali olarak ifade edilebilmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışma, CANBus veri hattından elde edilen verilerin tümünün Wi-Fi ile web ortamına aktarılmasını amaçlamaktadır. Elde edilen veriler, web ortamında kullanıcı tarafından kontrol edilebilmekte ve bu veriler herhangi sabit bir cihaza bağlı kalmaksızın görüntülenebilmektedir. Başlık 2’ de çalışma esnasında kullanılmış olan materyal ve metotlardan, Başlık 3’ de deneysel bulgulardan, Başlık 4’ de ise yapılan çalışmanın sonuçlarından bahsedilmektedir [3], [4], [5], [6].

2. Materyal ve Metot

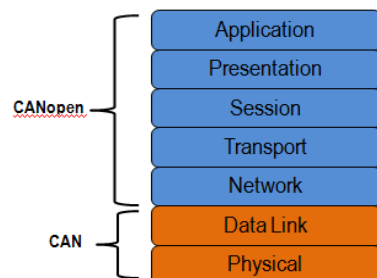
2.1. CANBus

CANBus iletişim protokolü, diğer iletişim protokollerinden farklı olarak adres temelli değil, mesaj temelli bir çalışma mantığına sahiptir. Her bir mesaj diğerinden farklı bir kimlik numarasına sahiptir. Mesajlar ilk etapta hatta veri göndermek yerine istek yollamaktadır. Kimlik numarası öncelikli olan mesaj sonrasında hatta veri yollamaktadır. CANBus, CAN2.0A ve CAN2.0B olmak üzere temelde iki standartta kullanılmaktadır. CAN2.0A 11 bit kimlik numarası (ID) mesaj uzunluğuna sahipken, CAN2.0B 29 bit mesaj uzunluğuna sahiptir. Bu çalışmada CAN2.0A standardı kullanılmaktadır



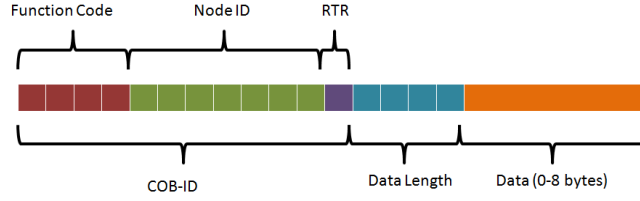
2.2. CANOpen

CANOpen, CANBus iletişim protokolünün kullanım alanlarının artırılması ve kolaylaştırılması amacıyla oluşturulmuş bir yüksek seviye iletişim protokolü olarak tanımlanmaktadır. CANOpen, CANBus iletişim protokolü üzerine belirli katmanların eklenmesiyle oluşturulmuştur. Şekil 2’ de CANOpen ve CANBus protokollerinin katmanları gösterilmektedir.



Şekil 1 CAN ve CANOpen katman yapısı[10]

CANOpen protokolünün de mesajların yapısı CANBus mesaj yapısına benzemektedir. CAN2.0A standardında 11 bitlik bir CANBus mesajı, CANOpen’ da Şekil 3’ de gösterildiği gibi olmaktadır. CANOpen mesaj yapısında 11 bitlik kimlik mesajı iki kısımdan oluşmaktadır. İlk 4 bitlik kısım fonksiyonları belirten koddan ikinci 7 bitlik kısım ise CANOpen düğüm kimliğini betimleyen kısımdan oluşmaktadır. Düğüm kimliğinin 7 bit ile sınırlı olması CANOpen’ in 127 bağlanabilir.

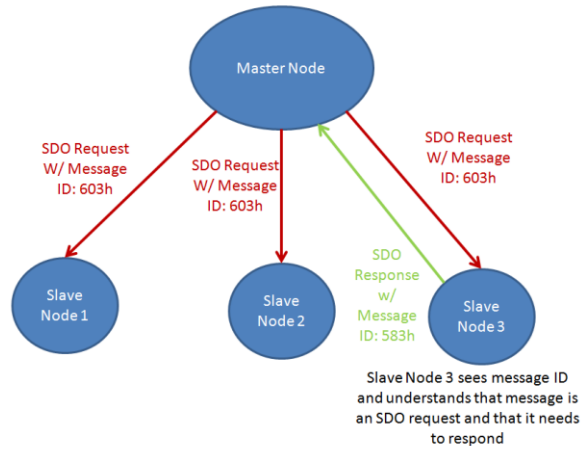


Şekil 3 CANOpen protokolü mesaj yapısı [10].

CANOpen iki temel veri nesnesine sahiptir. Bunlar Servis Veri Nesneleri(SDO) ve İşlem Veri Nesnelidir (PDO) [6], [7], [8], [9].

2.2.1.Servis Veri Nesneleri (SDO)

CANOpen protokolü, ağdaki okuma/yazma isteklerine cevap olabilecek nitelikte bir ağ yapısına sahiptir. Bu yapıya göre bir CANOpen yönetici düğümü diğer düğümlere bağlı olmakta ve diğer düğümlere istek yollamaktadır. Şekil 4’ de bahsedilen yapı gösterilmektedir. Bu yapı içerisinde CANOpen ayrıştırılmış kimlik mesajları kullanılmaktadır. İstemci olan düğümün kimlik numarası 600h+düğüm kimliği ile oluşurken, istek yollanan ve hatta bağlı köle düğümlerin bu iletişimdeki kimlikleri 580h+düğüm kimliği olmaktadır. Şekil 4’ de ise SDO’ da kullanılan CANOpen mesaj yapısı gösterilmektedir [8], [9].



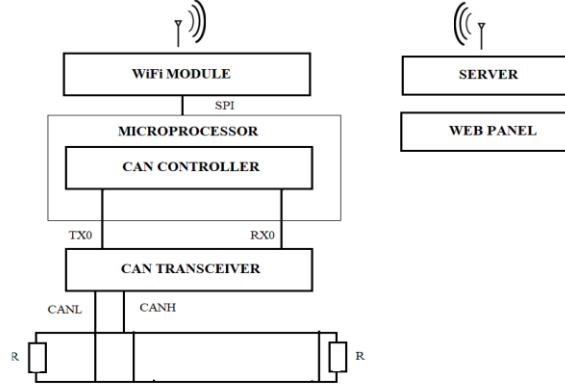
Şekil 4 CANOpen çalışma yapısı [10].

2.2.2.İşlem Veri Nesneleri (PDO)

İşlem veri nesneleri, düğümlerin verilerinin zaman içerisinde sürekli değişimine karşılık kullanılan metot olarak tanımlanabilmektedir. Servis Veri Nesneleri veri alışverişi için sürekli istek atmak durumundadır. Bu durum sürekli değişen veriye sahip düğümlerde Servis Veri Nesnelinin İşlem Veri Nesnelinden daha yavaş çalışması anlamına gelmektedir. İşlem Veri Nesnesine göre köle düğümler veri yollamak için yönetici düğüm tarafından sorgulanmamaktadır. Böylece köle düğümler hatta daha hızlı veri aktarabilmektedir [8], [9].

2.3. CANOpen

Projede CAN hattına bağlı bir elektronik kart CAN hattı ile sunucu arasındaki iletişimi sağlayan birim olarak kullanılmaktadır. Atmel SAMC21E18A işlemcisini kullanan bu kart ATWINC1500 Wi-Fi modülüne sahiptir. Kart, sunucudan aldığı verileri CAN hattına yollayan, CAN hattından dinlediği verileri ise sunucuya yollayan bir ara elemandır. Sunucuya belli aralıklarla kendisine ait CAN mesajı durumunu belirten istek mesajları göndererek, varsa CAN mesajlarını sunucudan indirerek CAN hattına göndermektedir. Bu işlemi yaparken CANOpen iletişim protokolünü kullanmaktadır. Kart, gelen ve giden verilerin hattaki hangi birime ait olduğunu bilmekle birlikte, mesajın içeriğini bilmemekte, sadece sunucuya yollama ve alma görevini üstlenmektedir. Şekil 5’ de sistem entegrasyonunun görsel hali gösterilmiştir.



Şekil 5 Sistem entegrasyon yapısı

2.4. Hata Giderim Teknikleri

CANBus protokolü hata oranı oldukça az olan, hata ile karşılaşıldığında ise hata kodunu kullanıcıya döndürerek hattın güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamaya yarayan yöntemlere sahiptir. Ayrıca TCP protokolünün veri gönderimi esnasında yaptığı veri aktarım kontrolü sayesinde sunucuya gönderilen verilerin gönderim durumları kontrol edilmektedir. SHA hash code dosya doğrulama yöntemi uygulanarak algoritmik hataların giderilmesi amaçlanmıştır [11], [12].

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapılan çalışmada deney senaryosu, CAN hattına bağlı 5 sensör ve sunucu CAN hattı arasındaki iletişimi sağlayan kartı içermektedir. Deney senaryosunda sunucudan gelen bootloader dosyasının CAN hattındaki bir cihaza gönderilmesi ve o cihazın güncellenmesini içermektedir. Güncelleme işlemi sonrası ise güncellenen cihazın ve CAN hattına bağlı diğer cihazların verilerine erişilebilmesi ve sunucuya yüklenebilmesi amaçlanmıştır. Bootloader dosyası 196kb boyutundadır. Yapılan denemeler sonucunda ortalama güncelleme ve güncelleme sonrası verilerin sunucuda görüntülenmesi işlemlerinin ortalama süreleri Tablo 1’ de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deney sonuçları

Test Parametresi	Birim	Değer
CAN Hattından Sunucuya Gönderilen Paketin Tamamlanma Süresi (196kB)	Saniye	100
Sunucudan CAN Hattına Gönderilen Paketin Tamamlanma Süresi (196kB)	Saniye	150

4. Sonuç

Yapılan çalışma kapsamında Başlık 3’ de elde edilen sonuçlara göre sunucudan CAN hattına veri gönderimi test denemeleri sonucunda aktarım başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda CAN hattına veri gönderimi gerçek zamanlı aktarım gerekmediği sürece bahsi geçen çalışma log tutma, güncelleme, heartbeat sinyali dinleme, özel mesaj yollama gibi uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir. Bununla birlikte CAN hattından sunucuya gönderilen verilerde de aynı aktarım başarısı söz konusu olmaktadır. Bu sayede CAN hattı üzerindeki birimlere kablosuz olarak veri gönderilmekte ve alınmaktadır.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için uygun çalışma ortamını sağlayan Elfatek Elektronik’e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Johansson K., Törngren M., Nielsen L., "Vehicle Applications of Controller Area Network"
- [2] K. Etschberger. Controller Area Network: Basics, Protocols, Chips and Applications. IXXAT Automation GmbH, Weingarten, Germany, 2001.
- [3] Bosch, R., "CAN Specification Version 2.0", Stuttgart, Germany, 1991
- [4] Tindell K., Burns A., Wellings A., "Calculating Controller Area Network (CAN) Message Response Times." University of York, Department of Computer Science, York, England, 1994.
- [5] Yavuz E., Sarıca S., Artuç E., "Kontrol Alan Ağları İçin Optimum Mesaj Zamanlaması", Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 6(3), 532 – 540, 2018
- [6] CiA, "DS301, Version 4.02, CANopen Application Layer and Communication Profile," 2002.
- [7] CANopen, 50325-4, "Industrial Communications Subsystem Based on ISO 11898 (CAN) for ControllerDevice Interfaces Part 4," 2002.
- [8] CiA, "DSP 305, Version 1.1," Layer Setting Services and Protocol (LSS), 2002.
- [9] Cena G., Valenzano A., "A protocol for automatic node discovery in CANopen networks," IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 50, no. 3, 2003, pp. 419-430.
- [10] The Basics of CANOpen, <http://www.ni.com/white-paper/14162/en/>, Aug 21, 2013
- [11] Gowthaman A., M. Sumathi, "Performance Study of Enhanced SHA-256 Algorithm", 2015.
- [12] P. K. Gupta and J. Kuri, "TCP with header checksum option for wireless links: An analytical approach towards performance evaluation", Sadhana Vol. 32, Part 3, June 2007



Power Control in the DFIG-based Wind Energy System Using OPAL-RT

Hale Bakır^{1*}, Adel Merabet², Ahmet Afşin Kulaksız³

¹ Department of Electrical & Electronics Engineering, Konya Technical University, 42250, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0001-5580-0505)

² Division of Engineering, Saint Mary's University, Halifax, NS B3H 3C3 Canada (ORCID: 0000-0002-3926-0489)

³ Department of Electrical & Electronics Engineering, Konya Technical University, 42250, Konya, Turkey (ORCID : 0000-0003-3216-8185)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.806091)

ATIF/REFERENCE: Bakır, H., Merabet, A. & Kulaksız, A. A. (2020). Power Control in the DFIG-based Wind Energy System Using OPAL-RT. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 373-379.

Abstract

The operation of wind power plants connected to the grid has been increasing rapidly in recent years. Wind power plants are attractive to use because they both relieve the network and are comparatively economical. However, wind farms are affected by the problems that may occur during their operation depending on the network. These problems are especially seen as voltage drop and increased oscillations. Dynamic modelling and control of the wind farm gains importance against these problems. Among the most important reasons for using DFIG in turbine systems are high energy yield, reduction of mechanical loads, applicability of easier angle control system, wide control of active and reactive power, and fluctuations in output power. In this study, power control results of DFIG based wind energy system by using OPAL-RT technology are given and real time control simulation is performed. Real time results have shown that when the Id current is changed in the system, active power decreases to balance the total while the reactive power increases.

Keywords: DFIG based wind system, OPAL-RT, Power control, Real time simulation

OPAL-RT Kullanarak DFIG Tabanlı Rüzgâr Enerji Sisteminde Güç Kontrolü

Öz

Şebekeye bağlı rüzgar santrallerinin işletmesi son yıllarda hızla artmaktadır. Rüzgar enerjisi santrallerinin kullanımı caziptir çünkü hem şebekeyi rahatlatırlar hem de nispeten ekonomiktirler. Ancak rüzgar santralleri şebekeye bağlı olarak çalışmaları sırasında oluşabilecek sorunlardan etkilenmektedir. Bu sorunlar özellikle voltaj düşüşü ve artan salınımlar olarak görülmektedir. Rüzgar santralinin dinamik modellenmesi ve kontrolü bu sorunlara karşı önem kazanmaktadır. DFIG'nin rüzgar enerji sistemlerinde kullanılmasının en önemli nedenleri arasında yüksek enerji verimi, mekanik yüklerin azaltılması, daha kolay açı kontrol sisteminin uygulanabilirliği, aktif ve reaktif gücün geniş kontrolü ve çıkış gücündeki dalgalanmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada DFIG tabanlı rüzgar enerjisi sisteminin OPAL-RT teknolojisi kullanılarak güç kontrol sonuçları verilmiş ve gerçek zamanlı kontrol simülasyonu yapılmıştır. Gerçek zamanlı sonuçlar, sistemdeki Id akımı değiştiğinde, aktif gücün reaktif güç artarken toplamı dengelemek için azaldığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: DFIG tabanlı rüzgar sistemi, OPAL-RT, Güç kontrolü, Gerçek zamanlı simülasyon

1. Introduction

With the increased consumption of petroleum sources and the rise in energy prices, renewable energy sources have recently become the focus of attention, given environmental issues. Regarding global energy use, especially in the coming years, renewable energy sources are expected to play a major role in energy economy (Alhajomar, 2019). It is reported by experts that global energy production will double in 2025 and triple in 2050.

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5580-0505, hbakir@ktun.edu.tr

In energy production, it is estimated that the ratio of renewable energy sources to the total production will be 60% in 2025. Thus, it is expected that renewable energy sources, which are continuous and seen as never-ending resources, will meet the world's uncontrolled energy need in an economical way (Drennen, 1994). The growth of universal pollution and the exhaustion of oil resources promoted many countries starting to implement renewable energy plans such as wind turbines, solar energy, and the installation of small hydro-electric power plants. Compared to other energy sources, it is observed that the presence of wind energy in energy production systems is increasing worldwide. Unlike other energy generation systems, wind turbines are not frequently maintained, they do not work continuously, they can operate independently from the network, their installation does not endanger homes, businesses or commercial structures, does not cause environmental pollution, provides low cost energy production.

The share of wind turbine systems that have popularity among their sources in electricity generation is increasing day by day. Wind turbines have two types of working conditions as constant speed (1% wind speed change) and variable speed. The asynchronous generator used in fixed speed wind turbines is directly connected to the network. Since the mains frequency is equal to this uncontrollable speed, changes in wind speed cannot be stored as energy. So these turbulences in the wind can cause power surges causes, thus affects the power quality of the network. In variable speed wind turbines, where the generator is controlled by the power electronic unit, power fluctuations due to wind changes can be eliminated by changing the rotor speed, since rotor speed control is possible.

Thus, power fluctuations from wind transformation and powertrain can be reduced. As a result, the effect of variable speed wind turbines on power quality can be improved compared to fixed speed wind turbines (Larsson, 2000). Double Feed Asynchronous Generator (DFIG) can work at different speeds. Due to its advantages such as four-zone active-reactive power capability and low converter costs, it has recently been preferred in modern wind turbine systems (Mirzakhani, 2018). In DFIG, lower power losses are observed compared to fixed speed asynchronous generators and synchronous generators. The stator of DFIG is directly connected to the mains, and the rotor windings are fed back by means of controlled voltage transducers from the stator terminals. These transducers supply excitation current to DFIG, so their capacity corresponds to 20% -25% of the total capacity of DFIG.

Among the most important reasons for using DFIG in turbine systems are high energy yield, reduction of mechanical loads, applicability of easier angle control system, wide control of active and reactive power, and fluctuations in output power. However, the performance of DFIG is not only dependent on the asynchronous machine, but also on the d-q vector control method applied to the generator (Bakir & Kulaksiz, 2020).

In this study, it provides power control of DFIG based wind energy system using OPAL-RT technology. Real time results have shown that when the I_d current is changed in the system, active power decreases to balance the total while the reactive power increases.

2. Material and Method

2.1. Wind power system modeling

The DFIG wind energy system consists of a wind turbine, back-to-back converters, a resistive-inductive (RL) filter and grid. The back-to-back converter configuration includes a rotor side converter and a grid side converter. The system is depicted in Fig. 1.

At the DFIG rotor side, the rotor current dynamics is developed, in the synchronously rotating $d-q$ reference frame, using the stator flux orientation, where the q -component of the stator voltage is aligned with the reference frame such as $v_{sd} = 0$ and $v_{sq} = V_s$. This dynamics is provided by the following expressions (Tanvir, 2015).

$$\begin{cases} \frac{di_{rd}}{dt} = -ai_{rd} + s\omega_s i_{rq} + \frac{R_s b}{\omega_s} V_s + \frac{1}{\sigma L_r} v_{rd} \\ \frac{di_{rq}}{dt} = -ai_{rq} - s\omega_s i_{rd} - b s V_s + \frac{1}{\sigma L_r} v_{rq} \end{cases} \quad (1)$$

where, $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r}$ is the leakage factor, $s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$ is the slip, $a = \frac{R_r L_s^2 + R_s L_m^2}{\sigma L_s^2 L_r}$, $b = \frac{L_m}{\sigma L_s L_r}$, R_s and R_r are the stator and the rotor resistances, respectively, L_s , L_r and L_m are the stator, the rotor and the mutual inductances, respectively, i_{rd} and i_{rq} are the $d-q$ components of the rotor current, v_{rd} and v_{rq} are the $d-q$ components of the rotor voltage, ω_s is the synchronous angular speed, ω_r is the rotor speed.

Using the rotor currents and the stator flux orientation, the active and reactive power of the DFIG stator side can be approximated by

$$\begin{cases} P_s = -\frac{3}{2} \frac{L_m}{L_s} V_s i_{rq} \\ Q_s = \frac{3}{2} \left(\frac{V_s \varphi_s}{L_s} - \frac{L_m}{L_s} V_s i_{rd} \right) \end{cases} \quad (2)$$

where, φ_s is the stator flux.

It can be observed from the power equation (2) that the stator active power can be directly controlled through the q -component of the rotor current and the stator reactive power can be directly controlled through the d -component of the rotor current (Merabet, Eshaft, & Tanvir, 2018).

At the grid side, the current dynamics is given in the $d-q$ reference frame, by

$$\begin{cases} \frac{di_d}{dt} = -\frac{R}{L} i_d + \omega i_q - \frac{V_s}{L} + \frac{1}{L} v_d \\ \frac{di_q}{dt} = -\frac{R}{L} i_q - \omega i_d + \frac{1}{L} v_q \end{cases} \quad (3)$$

where, R is the filter resistance, L is the filter inductance, i_d and i_q are the $d-q$ components of the grid current, v_d and v_q are the $d-q$ components of the grid converter voltage, which is also the DFIG stator voltage, and ω is the grid angular frequency.

At the grid side, the d -components of the vector control is synchronized such as $v_q = 0$. Therefore, the active power and reactive power at the grid side can be designated by

$$\begin{cases} P_g = v_d i_d \\ Q_g = -v_d i_q \end{cases} \quad (4)$$

It can be observed from the power equation (4), that the grid active power can be directly controlled through the d -component of the grid current and the grid reactive power can be directly controlled through the d -component of the grid current (Bakir, et al., 2020).

2.2. OPAL-RT

Rapid control prototyping (RCP) of the micro-grid based on the control system was done using the OPAL-RT hardware (OP5600 and OP8660) as shown in Figure 2.

OP5600, a real-time digital simulator, consists of analog and digital I / O signal modules running an RT-LAB real-time simulation software platform, a multi-core processor and FPGA. It provides real-time RCP of the controlled microstructure with low time step to achieve the best sensitivity. The processor, which makes it a powerful tool for RCP and in-loop hardware applications, is equipped with Intel Xeon QuadCore 2.40 GHz.

The OP8660 is a signal conditioning interface that expands the features of the real-time digital simulator by providing multiple input and output channels adapted to the HIL Controller and Data Collection Interface, power electronics and power systems applications. Its core contains high current and high voltage input conditioning modules that allow current and voltage to be converted to $\pm 10V$ (OPAL-RT, 2019).

The connection between OP8660, virtual environment (real time simulator OP5600) and experimental micro grid system (DFIG based wind system, inverters, inductors, grid) is shown in Figure 1.

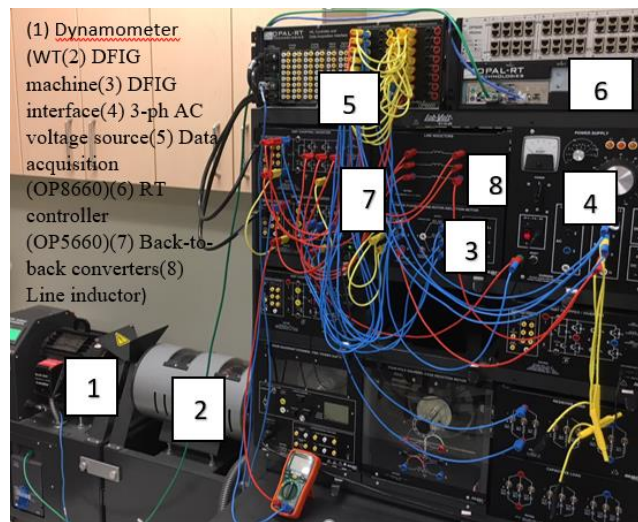


Fig.1. DFIG based wind energy system experimental setup

2.3. REAL TIME MONITORING AND CONTROL SOFTWARE

A real-time software application for measurement, testing and control has been developed in the MATLAB / Simulink environment and is integrated into RT-LAB for real-time monitoring. RT-LAB is an open real-time simulation software environment that can realize the real-time RCP of controlled micro-grid using the OP5600.

To run the model on different target processors or nodes, it is divided into two subsystems as in Figure 2:

1- The console subsystem, which must be defined with its prefix, is executed on the PC at the command station and contains user interface blocks such as scopes, screens and reference command;

2-The main subsystem that must be defined by its prefix.

It is executed in the CPU core processor of the OP5600 and contains all the calculation elements of the model, mathematical operations of the algorithms and input-output blocks. Since the two subsystems are run on different targets or nodes, communication and synchronization between them is done through RT-LAB OpComm blocks. The Simulink model of the control system is opened via RT-LAB and compiled on the real-time target (OP5600), then automatically loaded by the RT-LAB into the CPU core of the OP5600 for the main subsystem.

Finally, the subsystems of the model are executed in the CPU core of the OP5600, for the SM subsystem, and on the command station PC, in all sequencing, communication and synchronization processes for the SC subsystem to run the engine in real time, the processes RT-LAB managed by.

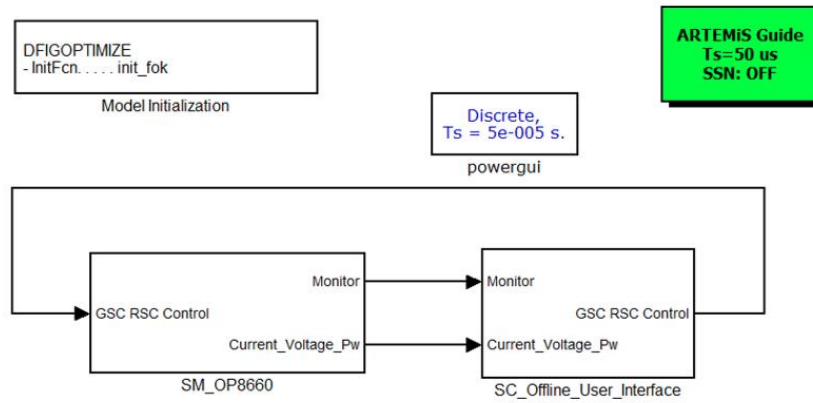


Fig.2. RT-LAB subsystems

3. Results and Discussion

3.1. REAL-TIME CURRENT, VOLTAGE, POWER SIMULATION RESULTS OF DFIG BASED WIND ENERGY SYSTEM

In this test setup, the dynamometer (wind turbine emulator) was operated at constant speed. When working from the system, the I_q stream was changed by giving a signal and depending on the results at this stage, it can be seen in Figures 3, 4 and 5 that the real-time system's mains current creates a three-phase sine signal with peak magnitudes between +8A and -8A. Rotor current produced a three-phase signal by drawing +4 A and -4 A, and it can be seen that the stator current drawn is between the peak magnitudes of +12 A and -12 A.

In Figures 6, 7 and 8, thanks to OPAL-RT technology, a real-time three-phase mains voltage with peak magnitudes between +30 V and -30 V is supplied to the system, 150 V rotor and 28 V stator voltage results are obtained. In Figures 9, 10, and 11 active and reactive power are controlled by changing and controlling the rotor q current and power profiles for stator, rotor and network are given. From the power response shown, it can be seen from Figure 11 that the active and reactive power can be controlled by changing the rotor current. In Figure 11, blue colored active power increases to balance the total while green colored reactive power decreases.

Likewise, when the I_d current is changed in the system, the blue colored active power decreases to balance the total while the green reactive power increases. Active reactive powers and changes in the system are observed in this wind system by keeping the dc link voltage V_{dc} constant and changing the current of I_d and I_q . And the effect of the change of I_d and I_q on the system and the changes in the power profile can be seen. In addition, the DC-link voltage has been successfully arranged to follow a continuous reference.

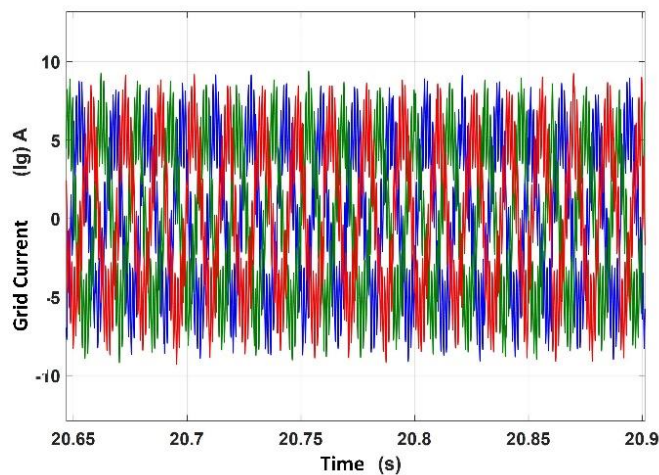


Fig.3. Grid current of the system

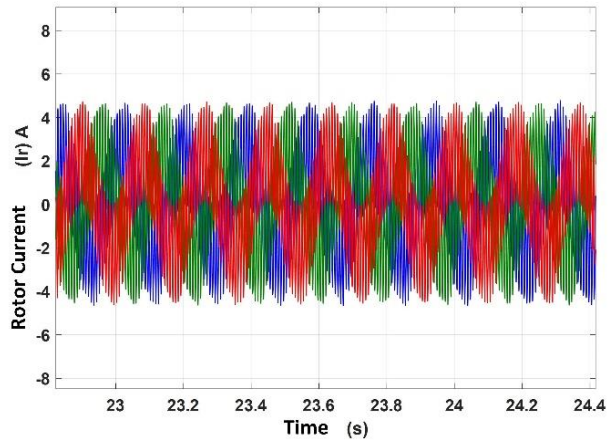


Fig.4. Rotor current of the system

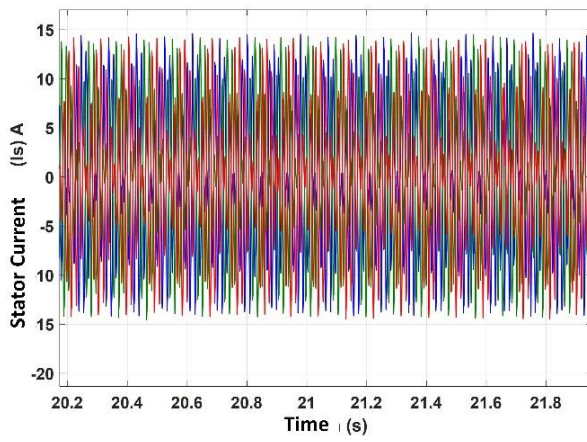


Fig.5. Stator current of the system

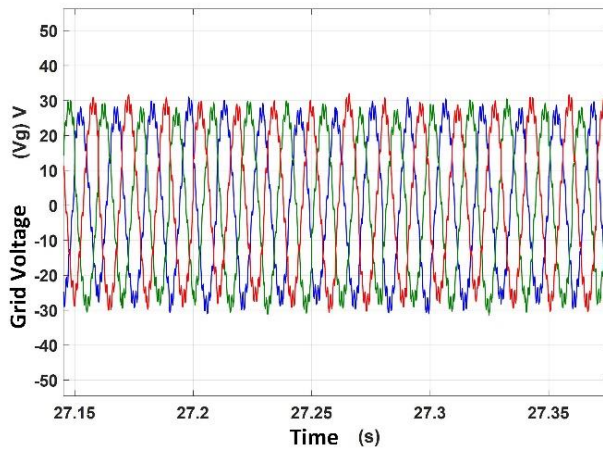


Fig.6. Grid voltage of the system

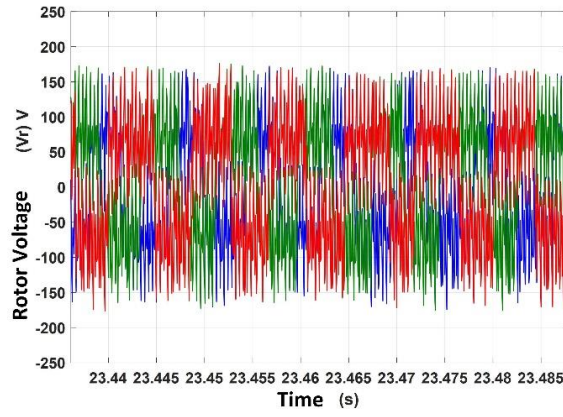


Fig.7. Rotor voltage of the system

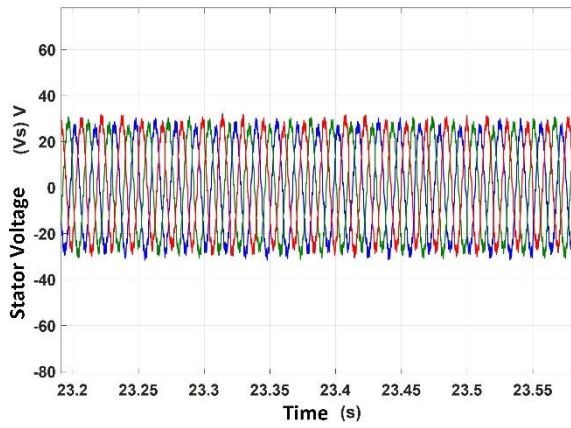


Fig.8. Stator voltage of the system

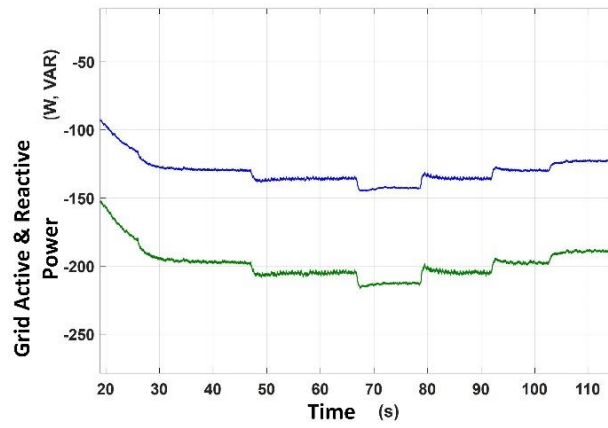


Fig.9. Grid active & reactive power of the system

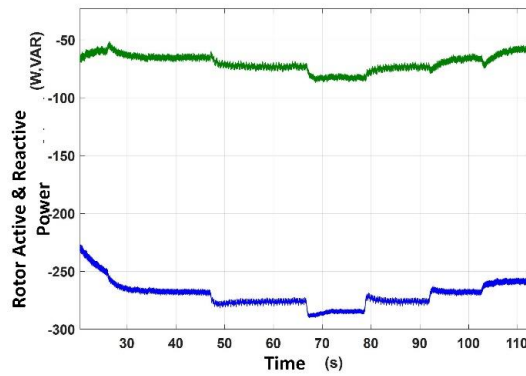


Fig. 10. Rotor active & reactive power of the system

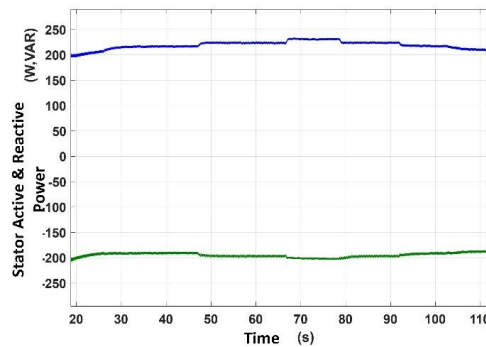


Fig. 11. Stator active & reactive power of the system

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the model in Simulink was created in RT-LAB. DFIG-based wind system was physically installed and experimental control systems were realized with OPAL-RT technology. Control system results were obtained in real time with OPAL-RT technology. Active reactive powers and changes in the system are observed in this wind system by keeping the V_{dc} constant and changing the current of I_d and I_q .

4. Acknowledge

This study was supported in part by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) BIDEB-2214 and the Canada Foundation for Innovation under Grant 30527.

References

- Mirzakhani A., Ghandehari, R., Davari S. A. (2018). A new DPC-based control algorithm for improving the power quality of DFIG in unbalance grid voltage conditions. *International Journal of Renewable Energy Research*, 8(4).
- Tanvir A., Merabet A., Beguenane. R. (2015). Real-Time Control of Active and Reactive Power for Doubly Fed Induction Generator (DFIG)-Based Wind Energy Conversion System. *Energies*, 8, 10389-10408. doi:10.3390/en80910389
- Bakir, H., & Kulaksiz, A. A. (2020). Modelling and voltage control of the solar-wind hybrid micro-grid with optimized STATCOM using GA and BFA. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(3), 576-584. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.07.009>
- Bakir, H., Merabet, A., Dhar, R. K., & Kulaksiz, A. A. (2020). Bacteria foraging optimisation algorithm based optimal control for doubly-fed induction generator wind energy system. *IET Renewable Power Generation*, 14(11), 1850-1859. <https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-rpg.2020.0172>
- Drennen, T. E. (1994). Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity. In H. K. Thomas B. Johansson, Amulya K.N. Reddy, and Robert Williams (Ed.), *Journal of Environmental Quality* (Vol. 23, pp. 622-622). Washington.
- Alhajomar, F. Gokkus G., KULAKSIZ. A. A. (2019). Rapid Control Prototyping Based on 32-bit ARM Cortex-M3 Microcontroller for Photovoltaic MPPT Algorithms. *International Journal of Renewable Energy Research*, 9(4).
- Larsson, Å. (2000). *The Power Qualities of Wind Turbines*. (PhD), Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Merabet, A., Eshaft, H., & Tanvir, A. A. (2018). Power-current controller based sliding mode control for DFIG-wind energy conversion system. *IET Renewable Power Generation*, 12(10), 1155-1163. doi:10.1049/iet-rpg.2017.0313
- OPAL-RT. (2019). Powering Real-Time Simulation. *Software*.



Investigation and Implementing on Photovoltaic Systems in North Cyprus

Omer Damdelen^{1*}, Ugur Seker¹

¹ School of Engineering, Faculty of Civil Engineering, Cyprus International University, Nicosia, Cyprus (ORCID: 2008-2012-5063-7303)

(Final form 30 September 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802784)

ATIF/REFERENCE: Damdelen O. & Seker, U. (2020). Investigation and Implementing on Photovoltaic Systems in North Cyprus. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 380-395.

Abstract

Energy is the golden thread that connects economic growth, increased social equity, and an environment that allows the world to thrive. Access to energy is a necessary precondition to achieving many development goals that extend far beyond the energy sector, eradicating poverty, increasing food production, providing clean water, improving public health, enhancing education, creating economic opportunity. The transition to sustainable energy systems also presents one of the greatest investment opportunities of the 21st century. Development is not possible without energy, and sustainable development is not possible without sustainable energy. This research focuses on the possibility to improve the technology in Cyprus and to investigate about the options from the actual company, which is Cyprus Turkish Electricity Utility Company (KIB-TEK), responsible for producing, transmitting and distributing electricity to the consumers in North Cyprus. The research investigated the Photovoltaic system in North Cyprus. Photovoltaic is a method of electricity production that does not use nor releases harmful substances to the environment. It is one of the production systems commonly called clean energy. If the Middle Eastern countries like Cyprus, where high solar energy potential exists, the real situation shows a lack of developments about this technology. The aim is to find out the best solar energy system that suits with climatically conditions, economic conditions and to make people believe that the investment will be rewarded at the end. Considering the situation of North Cyprus, the urgent necessity of a new electric system will be important for the future of the environment and for the European standard. As a result this context, the issue of Northern Cyprus un-consideration of renewable energy is a big concern depends renewable energy to achieve sustainable environmentally friendly buildings. Lack of reliable renewable energy source, requires the use of photovoltaic technology. The application of this technology in North Cyprus, will lead to social sustainability and therefore cause an increase in the foreign trade market and business opportunities will dramatically increase the sustainability of the building as a unit.

Keywords: Photovoltaic system, clean energy, European standard.

Introduction

Solar energy is clean and renewable, produced directly using the energy radiated from the Sun to Earth. Every moment the Sun transmits on the earth orbit 1367 watts per square meter. The average solar radiation at European latitudes is about 200 watts / sq. It follows that the average power radiated per square meter on Earth at any instant is greater than 50 million Gw. (one Gw is the energy produced at full capacity of a large power station). The amount of solar energy, which arrives on earth, is huge, about ten thousand times greater than all the energy used by humanity. The developed countries introduced many regulations in order to limit the exhaust emissions from the power units, but Northern Cyprus is dependent on imported fossil. Sustainable, environmentally friendly and

* Corresponding Author: School of Engineering, Faculty of Civil Engineering, Cyprus International University, Nicosia, Cyprus, ORCID: 2008-2012-5063-7303, odamdelen@ciu.edu.tr

cheap alternatives are required. Renewable Energy sources can be alternative to fossil fuels as these sources are sustainable and environmentally friendly. My research will be focus on the possibility to improve the technology in Cyprus and to investigate about the options from the actual company, which is Cyprus Turkish Electricity Utility Company (KIB-TEK), responsible for producing, transmitting and distributing electricity to the consumers in North Cyprus. Nearly 80 % of houses use solar thermal systems and a PV plant with 1.26 MW capacities was installed in 2011 but a new regulation approved by the authority of Cyprus Turkish in 2012 was put in practice in February 2014 [1].

Currently the energy generation capacity of the country is nearly 350MW and over 44% of this generation is consumed by residential sector alone for electricity. In anticipation of expectant increase in population based on trend and according to development of construction sectors, 1 GW would be required to meet the country's demand by 2020[1]. It is important that most of this anticipated generation be from renewable energy technologies for sustainable environment. Solar energy sources potentials is very high in North Cyprus according to studies by yet under-utilized as most solar installations are specifically for water heating purpose especially during the winter period. The country has annual solar radiation estimated 1970 kWh/m² at fixed angle of 28° with nearly 300 sunny days [2]. This solar irradiation is much higher when compared to the sunniest area of Germany one of the world's solar photovoltaic largest market [3, 4]. Sadly to note that despite this huge solar potentials, the country still depend entirely on imported fossil fuel notwithstanding its global price trend (BP, 2011) and associated GHG emissions [5]. The Objectives of research is to find most suitable system for North Cyprus by searching quality of the products and to compare on grid & of grid system costs and sustainability. Another aim of the research will be to find funds for people to install the system and search how to install system that will be accepted by the laws in Northern Cyprus & KIBTEK.

Cyprus, latitude 34° 33 ' - 35 ° 34' N longitude and 32° 16'-34° 33' E after Sicily and Sardinia is the largest island in the East Mediterranean. After 1974 occupies 3355 km² of the island. It is currently divided into two distinct political regions. Housing problems of conventional electricity use are common to both parts [3]. The design of solar power plants needs attention throughout the year. The climate is hot and dry with a strong humidity on summer climate and during winter the weather is cold and rainy [5]. On the island, based on historical data collected by the various meteorological stations we received solar radiation, around 7 kWh / m² and in winter 3 kWh / m² that photovoltaic panels are potential candidates to use the system. Although heavy conventional fossil-based energy investment in Northern Cyprus authorities, in particular has a significant interest in the use of solar energy among homeowners and factories. Electricity generation in Northern Cyprus depends solely on burning of imported fossil fuels and petroleum products contributing greatly to irreparable damage to the environment in the form of Greenhouse Gases (GHG) [5].

Currently the energy generation capacity of the country is nearly 350MW and over 44% of this generation is consumed by residential sector alone for electricity [7]. This generation is controlled and distributed by Turkish Cypriot electricity named Kib-Tek. In anticipation of expectant increase in population based on trend and according to development of construction sectors, 1 GW would be required to meet the country's demand by 2020 [1]. It is important that most of this anticipated generation be from renewable energy technologies for sustainable environment, hence effort has been intensified by many research on different renewable energies that would serve this purpose. Solar energy sources potentials is very high in Northern Cyprus according to studies by yet under-utilized as most solar installations are specifically for water heating purpose especially during the winter period[8]. The country has annual solar radiation estimated 1970 kWh/m² at fixed angle of 28° with nearly 300 sunny days [2]. This solar irradiation is much higher when compared to the sunniest area of Germany one of the world's solar photovoltaic largest market [3]. Sadly to note that despite this huge solar potentials, the country still depend entirely on imported fossil fuel notwithstanding its global price trend and associated GHG emissions [5]. The residential sector of the economy is the highest consumer of the generated capacity to be energy producer; feed in tariff system mechanism would be a viable tool as it has been successfully implemented in many neighboring European countries [9].

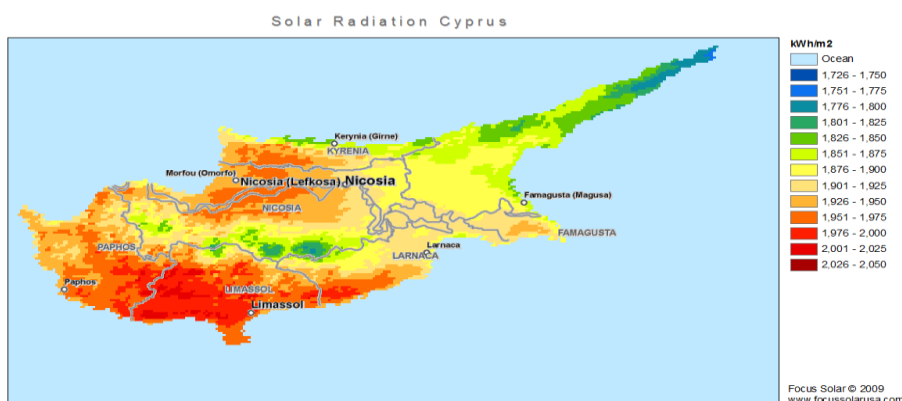


Figure 1. Solar Radiation Map of Cyprus

Problem Definition

The main problem is the lack of electricity energy and searching to alternative renewable energy systems in North Cyprus. It is an island and it is obvious that it has to produce its own electric. It can be alternative to get the electricity from countries which are close to island as a location such as Turkey. It is also still known that between Turkey and North Cyprus there is the process of discussing to get electric with cables under the sea. All those type of alternate energy takes time to build basic system such as power supply and infrastructure. Basically, more logical thing is to produce own electric and to get rid of being dependent on other countries. Every

country has to produce own electric at least, because it is known each year the world is globalizing but on the other hand every year war rates are rising in those 'global' world. It is strategic position to produce own electric in this cases. In North Cyprus, it produce its own electric (Kib-Tek suppliers) since many years. It seems while producing own electric, problem is solved but in reality it is not. The main problem about the process of producing electricity is reducing the cost at the same time, provide good quality of energy and give it to customers with cheaper price in North Cyprus. Internet technology is providing to users to get the information's about the prices of electric energy worldwide, so users are aware of the prices in the world. The main duty of the Kib-Tek is providing electric to the customers. However, consumers are not happy from the facilities that are provided by Kib-Tek, also the prices of the electricity are expensive. So now, alternate energy systems might be the solution for North Cyprus which is suitable for Small Island in Mediterranean Sea. North Cyprus as a weather condition there is approximately 300 days sunny and that endless energy can produce energy to island and solar panel system is known as the most suitable system to provide electricity to the consumers. In last years, consumers are aware of the importance of solar energy systems.

Research Question

In the research, it is discussed below a few main questions about the most suitable renewable energy for North Cyprus, the role of Kib-Tek and the way of increase the efficiency in terms of economic, environmental and political.

One of the main question of the discussion is 'who is responsible for controlling and organizing a Photovoltaic Systems in North Cyprus?'. The main role is belongs to government but literally Kib-Tek can be responsible from the all issue. Kib-Tek authority is to supply the electric energy to the customers. It has to take into consideration in long term period, the benefits of on-grid and off-grid systems and its' suitable places to install, for instance in location such as Karpas where power energy is not working properly, off-grid system is very useful. On the other hand, on-grid system which is providing advantages such as selling option to the utility is available, on-grid system users balance their electric consumption with getting back electric from utility company. Basically, reducing tax incentives should offer to attract industry to the regions by authorities. Maybe in the future, North Cyprus could be the position of exporting electric to the foreign countries.

The question can be asked "why the solar energy is usable and wind renewable energy system is not?" In terms of location of the island, only few places are getting wind and its' power is very low and not enough to get electric through that system all period of the year. However, for those reason, wind renewable energy systems cannot be counted as an enough alternate energy system in North Cyprus. Only few times windy day a year cannot produce high standard of quality electric energy to consumers in North Cyprus. On the other hand the endless power of the sun is the main alternative energy providers and it has to be focused on how to increase the effectiveness of the sun with the using the last technological equipment's by the authorities. Basically, sun is undisputed fact that it has capability and ability to provide enough energy for that small island all period of the year.

Renewable solar panel energy systems are very expensive at the moment. At the thesis it has been discussed that in few years of time the prices would be decreased and after that consumers will pay more attention to implement those types of system. The question is "do Cyprus have enough spaces to implement renewable energy systems?". Solar panels covered a lot of spaces which is not suitable for Cyprus as a small island. It is obvious that the price will be getting cheaper, due to of supply-demand issue, so farmland should not be destroyed with the way of using solar system, so government has to pay more attention about the importance of the design of the solar panels such as making effort to find the way to install solar panels on the buildings.

In terms of economic benefits of solar system, while reduce the using of fuel oil, it directly contribute the economy. Instead of import the fuel oil, authority make an investment to the infrastructure, moreover it can create a job for locals. In terms of environmental impacts, fuel oil causes negative impacts to the nature even trees cannot grow around the power plant because of its negative waste gas from the pipes. In terms of political issue, the role of the government is very significant. However, investors have to encouraged by authority and invest for renewable energy business.

Research Hypothesis

This research aims to explain a positive relationship between the developing in power outage and increasing demand of solar power. In the future, renewable solar energy systems may well be the primary sort of energy. Increased the reliance on solar energy, it may decrease the pollution. In the present time, to find alternate energy is important because the fuel oil sources are threatening countries with getting finished. There is strong relationship increasing in power outage and the increasing demand of solar energy. With the increasing of population, countries might be faced on with power outage and at the same time renewable energy has to play a significant role and cover that demanded energy. Basically, It is given every piece of information about different sorts of renewable energy system in the world and it can vary according to each country. Every country has their own characteristic features and different sunlight angle to the surface. For instance, in Mediterranean Sea area, solar panel systems are more logic to implement. Solar panel renewable energy can be main alternate renewable energy system to use but the thing is due to of lack enough land spaces, design of the solar panel play important role. Therefore, while using solar systems it is needed to avoid destroying farmland or other fertile land can produce a large number of good quality crops [10, 11]. At Limassol, Cyprus, there is a project that implemented wind tribunes to generate renewable energy. It has been researched feasibility, construction, operation and wind assessment. The result is to focusing on to get more electric with low wind and medium winds. It can be an alternate energy sources but just produce small amount of energy for consumers. So basically, wind tribune project was unsuccessful in Limassol [11]. In terms of weather condition, Italy is similar with Cyprus. In 2013, Italy has been at the first position to produce electricity through solar panels which is around 7% and their aim is to make it double until 2030[12]. All these information that are collected have given an idea that solar panel system is the best renewable energy to install in North Cyprus.

Research Methodology

This research is based on a qualitative methodology, because aim is to identify the phenomenon of the renewable energy system in North Cyprus. The process of doing research is identifying the weaknesses and strengths of PV models. The first step was to plan the discussions and choose the best research method with analyzing business models that dominate current solar market. It is also mentioned why a better renewable system is needed, how to explain and meet the questions 'why' and 'how'. Moreover, it is discussed for better understanding solar PV models which are related with the strengths, weaknesses, threats and awareness of existing business models. Finally, the last step for the research is how to compose a study to present and share the information result with audiences.

Solar Panel Systems in North Cyprus

North Cyprus Authority

The developing countries such as North Cyprus mostly use fuel oil in order to generate electricity. North Cyprus is a small country which produces its own electric energy. The local state utility company KIBTEK is responsible for generating distributing and selling the produced power to all consumers. KIB-TEK has 2x60 MW fuel oil fired steam power plants and 6x17, 5 MW fuel oil fired reciprocating diesel engine power plants. The company has also three gas turbines which are not used because of low efficiency and high operating cost. A private company AKSA, which has 8x17.5 MW fuel oil fired diesel power plants, meets the additional requirement of the country's energy need and sells the electrical energy to the utility company KIB-TEK [13, 14]. North Cyprus has no strict rules about environmentally friendly power generation systems. The KIB-TEK has financial problems so low quality and high sulphur content fuel (fuel oil No: 6, 3.5 % Sulphur content by weight) is bought and burned in power plants to generate electricity. Therefore the emissions are quite high. Total power capacity of KIB-TEK is about 350 MW. In June 2012, the peak load reached to 280 MW. The reserve power capacity is not enough for demand side security therefore new investments are unavoidable. North Cyprus is dependent on imported fossil. Solar Energy Use Terms of Cyprus is determined by regulations in Law No. 47/2011. The purpose of this regulations, "Renewable Energy Law" to determine the principles for implementation. This regulations made only principle for producing energy from renewable energy sources and methods include the administration and control rules [14].

The Basic Principles of North Cyprus Renewal Energy Regulations [15]

- Each whatever purpose, it is subject to approval by the authority of electricity production from renewable energy sources.
- In cases where electricity will be produced for commercial purposes Council of Ministers allowed by Cyprus Turkish authority in a decree removing defined in accordance 4th of the Board of Electricity Act.
- Corporate consumers, provided you can get the permission of the authority of generating electricity from renewable energy sources for their needs.
- In case of excess consumption of electricity to the grid more than the needs of the institution any payments by energy consumers will be made to the Authority.
- Heat production from renewable energy sources for commercial purposes is subject to the approval of the Cyprus Turkish authority.
- To accomplish the trade of electrical and thermal energy produced from renewable energy sources, production and trade was allowed in respect of natural or legal persons receiving RES Certificate is required. Energy trade cannot be made of non-RES certificates.
- Commercial purposes will be allowed on the basis of renewable energy sources and installed capacity of electricity generation plant types, determined by the Board and the authority obtained the opinion of related institutions and organizations.
- The authority for the next year will be allowed in December of each year makes determining capacity for renewable energy sources and is published on the Ministry's website.

Permission Principles of North Cyprus Renewal Energy Regulations [14, 15]

For Permit Applications [15]

- Permission to produce electricity or thermal energy from renewable energy sources will be taken as a reference is made to the authority by the board and proposed procedures will be determined by the authority.
- Ability to produce energy from renewable energy sources by the Ministry in relation to a permit which are received by the authority will be required by the Board and defined in form and content.
- The duration of the permits shall be not less than six months from the date of registration with the Board is determined depending on the project type and size by the authority with the proposal.
- The above article given in the facility permit applicants who cannot establish within the period of re-authorization is entitled to make a request for it.
- Permits are issued free of charge, it will be delivered to the applicant.
- The license shall be kept by the owner during the permit and inspections, it will be presented to the person appointed to do the audit.

RES (Renewal Energy Source) Permit Applications [15]

- Energy production of electricity or thermal energy from renewable energy sources and / or determination of the source type of trade and with the permission of production to follow legal person and / or organization's consumers, from the date of

application by the authority showing the production of electricity or heating capacity from renewable energy sources in a calendar month Renewable Energy Resources Production Permit (RES) is issued.

- RES permit the person and are prepared depending on address and another address it cannot be transferred.
- There will be no connection to the network (off-grid) to produce renewable energy plants are considered in their terms by the Board and are allowed by the authority.
- RES applications are to be made in order to obtain the document, made by the authority will propose procedures to be determined by the Board.
- Applications must be signed and submitted to the authority with a receipt of the official seal.
- Submission of applications and receipt for any tax, stamp duty, fees or charges are not paid.
- RES certificates are issued free of charge, it will be delivered to the applicant.
- RES application, in form and content will be determined by the Board and the authority will suggest.
- RES certificates is valid for 20 years, may be submitted for renewal at the end of this time the RES certificates.

Application of the energy produced from renewable energy sources, on Implementation of Policies and Procedures Audit and Administrative Sanctions [13, 14 and 15]

- A facility that is designed to produce electricity from renewable energy sources to be used in all materials, equipment and parts can be imported into the country with the approval of the Board, or the approval of the Board in the country would give the conditions that can be produced. The Board is required when using the power that is given in accordance with this paragraph, if the gets some help from EMO Chamber.
- Grid connection of the plant to be established in order to produce electricity from renewable energy sources is made in accordance with the organization's current practices.
- The transfer of electricity produced from renewable energy sources of the Agency network, to be a valid and appropriate technical infrastructure for RES Certificate is made possible by virtue of proving Authority control is provided.
- Outside of the residential tariff, for electricity produced from renewable energy sources in the network to be transferred to the institution, the institution will need to be made an additional investment into the system in question, provided that the additional investment costs will be met by the project owner, is made by the institution.
- During the transfer of power of the institution network produced from renewable energy sources resulting from manufacturing plants or transmission or communication systems of any damage to any reason, the organization's system or if it is determined that such a risk, the Authority immediately and will cut any prior notice on the link without or allow any make the kinds of transactions. In this case, the person concerned will be notified in writing within three business days.

Audits

- The electrical and thermal energy produced from renewable energy sources in all trade related legislation, permit conditions and if there have been determined in accordance with the terms and conditions of RES certificates. If it was received as required security measures and this is been prepared measures of the plan for implementation and whether they display the appropriate procedure and the law and the supervising Ministry's task is been violated in any way by this Regulation.
- The Ministry pursuant to this article supervising the Police Headquarters, the relevant municipality office attached to the Ministry, institutions and / or organizations or any ministry that other necessary see, apartments, organization and / or made into consultation and cooperation with the organization and supervision of as necessary and safety it allows the execution.
- Inspections carried out in accordance with this Article, as notified in advance or without notice; on complaints made at any time of the day.
- RES document with the people, all public officials or officials tasked inspection in accordance with this article, helping to perform adequately of control and is obliged to provide the necessary ease and cooperation.
- Before starting the inspection, making checks disclose the identity of persons involved and to present to the people responsible for these tasks or official document proving that they control a facility is required.
- With regard to controls, the controls and detailed record is kept of the audit during the construction of this report the date, start and end times, details about the facility is controlled, and the tasks that are contained in the credentials of all the people prepared during the audit; and conclusions include considerations prominent in the control.
- Record signed by all the parties concerned and a copy of the report is given to the property owner or a person responsible for the facility.
- The officials who control the controls for elimination of the defects, resulting in the fourth part of law is located in the development of competent and responsible for supervising them and enforce the rules.
- All documents and other documents related to the audit shall be submitted to the Ministry and shall be kept by the Ministry.

- Residential institutions in tariff consumers, their consumption of energy transfer to the corporate network as more is transferred to the next month kWh credit institutions to withdraw from the network and is billed in excess paid. The subscription will be terminated at the end of the calendar year or reset.
- Use the form of offsetting the cost of the network is determined by the Board and shall come into force with the approval of the Ministry.

Environmental Overview of PV Panel in North Cyprus

There are no doubt Installed PV cells or panels pose minimal risks to human health or the environment according to the Brookhaven National Lab and the Electric Power Research Institute [3]. In this case, the Occupational Health and Safety, in particular is one of the most important aspects of the use of individual PV technology in North Cyprus. PV cells are typically connection with copper wire coated with tin. Some PV panel manufacturers if released into the environment may cause risk to the environment and human health solders containing lead and other metals use. This step in the installation process usually vending module assembly as human exposure to these metals is not possible way. It is not available in North Cyprus, but this issue should be taken into account in the development of PV panels to the process, though. In addition, elution PV panels are heavy glass or plastic covering, this may be emitted in small amounts there is little risk of the semiconductor material. Looking at the two section explains the advantage in the PV industry, focused on environmental protection, use basic PV panels. Northern Cyprus media situation usually prepares the base photovoltaic platform in the best condition.

Table 1. Comparison of the Northern and Southern Cyprus of in the respect to economy, laws and adoption. [16, 17, 18, and 19]

	South Cyprus {Greek}	North Cyprus [Turkish]
Renewal Energy Law	✓ Enacted in line European Union Legislations	✓ An outline has been prepared but not yet implemented.
Photo-voltaic Adoption	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Installations commenced from 2006. ✓ Victual-in-tariff policy subsist. ✓ PV panel engenderment facilities subsist. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No victual-in-tariff policy. ✓ A few individual installation.
Economy	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prosperous and diversified economy ✓ Base for several offshore businesses ✓ Good-developed tourism sector 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Free market substructure ✓ Physically incapacitated in terms of private and public investment ✓ High shipping cost and lack of learned labor

Economic Overview of PV Panel in North Cyprus

The purchase of a Photovoltaic system in North Cyprus characterizes a spending of investment resources at concrete time with hope of benefits in the form of electric energy distributed over future period, which is generally the life of the photovoltaic system. On the scale of the photovoltaic system for any given species, primarily of the value of the electricity produced may perform 10 to 25 periods [20, 21]. Thus, the research presents the main problem, is how one measure the value of future benefits can. In addition, the subject diesel electric grill, fossil fuel electricity generators and alternative electricity supply with photovoltaic system in northern Cyprus, such as how to compare these values. The value of future benefits to recover the system at the end of life. The primary examples are the maintenance cost and the failed module. In addition, in the future a cost or benefit today is often a cost or benefit that is not equal to intuitively recognize the value of the same [21]. Postulate that the system value of electricity engendered for 25 years, which is available in North Cyprus market, there are supersession costs of 5000 TL in each 5 years.

For a photovoltaic system, the value of the engendered electricity is customarily determining by the evaded cost of the electricity that would otherwise need to be purchase [22]. Note that the annual electricity engenderment in kilowatt-hour from the photovoltaic system is implicitly included in this example through the tenaciousness of the electricity cost stream [22, 23 and 24]. A sum received or spent now has a present value, (P); A sum spent or received at future time (N); Years hence has future value (F); If (P) is invests at an interest rate of (i) percent per year, Then it is future value at the end of the first year is; $F = P + P i = P (1+i)$; The future value at the end of the second year is $F = [P (1 + i)] (1 + i) = P (1 + i)^2$. In addition, the future value after (N) years is $F = P + (1 + i)^N$. Conversely the present value of a future sum given by $P = F (1 + i)^{-N}$. Equation ($P = F (1 + i)^{-N}$) is shown that the present value of a sum received (N) years in the future is deductibles by the factor $(1 + i)^N$. When equations $F = P + (1 + i)^N$ and $P = F (1 + i)^{-N}$ refer to money deposited at interest.“(i)” The factor is the interest rate offered by the bank, nevertheless once an investment in an energy system is being considering the factor referred to as a discount rate. The discount rate system owner puts the capital invested in the system and often calls the investor the opportunity cost; this is the next most attractive rate of return on investment is made in advance[22, 24].

North Cyprus Photovoltaic Market Structure

In the last few years, photovoltaic market has undergone a remarkable boom. More precisely, in the last two or three years, the photovoltaic market sixteen point six Giga watts of annual capacity added worldwide by about forty watts Gigi cumulative installed capacity reached [23, 24]. Photovoltaic energy, the European Union (EU) and the peak still be a part of a fully competitive anywhere in the world energy mix is an increasingly important part of the electrical system [15, 16]. When using photovoltaic panels agreed to the EU regulations, Cyprus change 20% of the electricity supply to the Southern Part of the photovoltaic system. Photovoltaic panels are rapidly growing within the market for 2 years, it reflects the EU decision [23]. As shown Figure 4 interview with the Cyprus Company, it was discovered because of cheapness and attracts the most appropriate weight in the durability Monocrystalline photovoltaic market. On the other hand, there is no limit off-grid [25]. Since photovoltaic market is mainly the private sector. However, for on-grid system, they have to take influence from the government for a bi-directional electric meter assembly to install in their homes. KIB-TEK's total electricity generation capacity a 362.5 MW, Giga-watt (1GW) is estimated to increase from in 2020 [13].

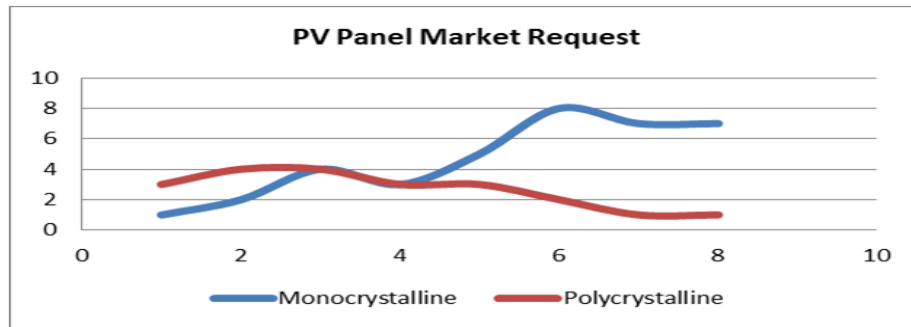


Figure 2. Assumption of Photovoltaic Panel Market Request for Mono and Polycrystalline in the North Cyprus

North Cyprus Photovoltaic Strategy, Regulation Framework

In 2009, despite the North Cyprus authority has not yet ratified it tries to prepare a policy for organizing editing and recording using renewable energy. By authorities as a sub after eight members and the president. These members are a person mechanical engineering, academic two person, a person from the electrical room, Economics and has to choose the order of the ministry of vice president [14]. In 2012 (legislation) and the (record) written by the North Cyprus authority and the position of (not yet approved) that has been approval. Basic strategy in North Cyprus is to reach 20% of the total energy by renewable energy instead [13]. President Bush in the entire construction industry in this scheme, but without the point of building type should penetrate the North Cyprus authority. There is no limit penetration but the government is obliged to publish newspapers and period begins 15 days to 6 months (private business) depends on the type of function. It focuses on security policy in Northern Cyprus and the EU standards [14, 23]. PV panels, such as selection and installation and performance to be declared by the government as whole KW domain, accept the amount of electricity produced and is obliged to extend the necessary equipment.

Energy Efficiency Strategy Document of North Cyprus how people can apply (PV) Solar Energy System in North Cyprus Important Points

Creating Energy Efficiency Act and the relevant Regulations

These actions will be implemented by the Authority of Energy. Energy production, transmission, distribution and consumption of energy, industrial enterprises, buildings, power generation plants, transmission and increasing the transport of energy efficiency with the distribution network and support the community in the development of energy-consciousness in general, covers the principles and procedures to be applied for the exploitation of renewable energy sources. Including energy performance in buildings regulations include the creation of legal infrastructure to ensure energy efficiency [26].

Supporting the R & D Activities for Renewable Energy

These actions will be implemented by the Authority of Energy. In line with these actions, the Authority of Energy will perform support universities, CTCI and KTMMOB for R & D activities. Energy efficiency a priority by the Authority of Energy and technology in the field of renewable energy sources should be the creation of financial resources for the promotion of public-private co-investors. This process should be supported in accordance with the products produced in the North Cyprus will provide energy efficiency.

How People can apply (PV) Solar Energy System in North Cyprus

How to Take Renewable Energy Certificate

To receive renewable energy certificates are needed to comply with the rules established by law. Permission to produce electricity or thermal energy from renewable energy sources will be held for reference shall be made to the Ministry and the Board will propose procedures to be determined by the Ministry.

For Permit Applications

A. Required Documents

- The agreement to be concluded between the employer and an electrical engineer (3 copies).
- The cob or lease agreement specifies the name of the consumer.
- Site Plan.
- The KIB-TEK copy of the electricity bill. (Tariff 01 will not accept the invoices).
- Technical specifications.
- Power Project.
- KIB-TEK customers will be the name of the RES project with the same name.
- B. Projects must be drawn according to the specifications prepared by the Renewable Energy Board.
- C. Detailed settlement with symbols on the layout plan must have a plan. Group numbers and the specific properties of the PV panels should be written. Junction boxes and the distribution tables must be drawn.
- D. Each group should be written in a single line diagram number and total power.
- E. Section layout name in the legend required power kW on-grid and off-grid PV system must be written.
- F. RES projects in advanced stages of the panel cannot be displayed.
- G. Inverter power in the RES project shall not exceed $\pm 10\%$ of panel power.
- H. Hybrid projects (on-grid, off-grid inverters will not be accepted).

Assessment Procedure Process

Approval Process and Res Capacity Connectivity

- In the evaluation process provided assessments of the document can be done according to the rules of the KIB-TEK.
- Transformers AG (until 200kwp) + MV transformer is limited by the level of demand load 2/3 of the power and determination of the MV according to the formulation specified level connectivity rate.
- Connectivity to local transformer capacity according to the table for links in the region has been identified in the LV level. In case of this ratio will exceed 30% by the Regional Planning Authorities - MV / HV branch to inform to the authority
- Positive or negative written about the Ministry of KIB-TEK views.

Supervision Fee

- LV level to be connected to the electrical mains Solar Energy Systems, who have installed EMO (Chamber of Electrical Engineers) ATCEC with Certificate of Authority (Turkish Cypriot Electrical Contractors Union) will be presented by members of the KIB-TEK Control.
- Received from the relevant ministries, "Production License's submissions KIB-TEK's payment of the fee, depending on the predetermined inspection.
- Previously reported "Inverter Limit Notification Form, Information Statement, Standards " are filled in full.
- Supervision "Check Form" to be submitted to the KIB-TEK's regional directorship and should be complete by the relevant parties.

Safety Measures and Commissioning Process

- 200kwp loads on MV connection is made and Regional Level Project files opened by the Authority will apply the applicable procedures. The only line KIB-TEK Schemes approved by the project approval process.
- For loads up to Level 200kwp AG connection is made and Single Line Diagrams EMO (Chamber of Electrical Engineers) approved by. (Load Demands for power consumption other than housing KIB-TEK Legal Committee and / or limited by predetermined table)
- Solar Power Plant of GM-type cutter of the transformer ransacked condition that Circuit Breaker and the Relay to be used for SCADA selecting the type compatible with the system, the communication with RTU relays the Modbus, the RTUs KIB-TEK communication with the system is that the IEC 101 standard.

Commissioning Process

- Depending on the submission of YEK certificate, 1Ø and/or 3 Ø issue of and final calculating of the meter made after the completion of commissioning procedures for the necessary tariff system and settlement "Net - Metering" Starting the process.
- The RES tariff customers ' existing work will be mechanical counters KIB-TEK, electronic counter without demanding any compensation.

The Requirements

- Inverter Limit Value

Table 2. Operating Frequency and Limit Values

Limit Values Frequency (Hz)	Disable Delay Time (sec)	Working Status
➤ 52	3	Out of Order
47,5 – 50,2	-	Normal Operation
47,5	0,5	Out of Order
➤ 50,2	No Delay	% 4 Drop in Load / 0,1 Hz

Table 3. Reactive Power Limit

Maximum Apparent Power (Smax)	Power Factor (cosθ)
<4 kVA	0,95 lagging - 0,95 leading
>14 kVA	0,9 lagging - 0,9 leading

- Inverter Standards
- VDE-AR-N 4105:2011-08 (General Access Rules)
- IEC 62109-1:2010 veya EN 62109-1 (Security-General)
- IEC 62109-2:2010 veya EN 62109-2 (Security-Special)
- IEC 61000-3 (Harmonics)
- VDE0126-1-1 (Voltage and network monitoring) (Ministry of TRNC Energy)
- Photovoltaic Standards
- EN 61730-1: 2007
- EN 61730-2: 2007
- EN 61215:2005
- EN 61646 (Flexible Panel)
- IEC 61730-1: 2004
- IEC61730: 2: 2004
- IEC 61215: 2005
- IEC 61646 (Flexible Panel)
- IEC 61730-1: 2013
- IEC 61730-2: 2014 (Authority of Northern Cyprus Energy)
- Salt Spray Test
- IEC 61701 (ed.1)
- IEC 61701 (ed.2)
- IEC 62716 (Authority of Northern Cyprus Energy)

Off-Grid Project Example [27]

Average monthly electricity costs for a house in North Cyprus on \$ 500. The following example is given in the off-grid, the installation of the solar system around 20.000 TL. The example given to this amount the payment according to the plan, are reimbursed in 5 years.

Table 4. On-Grid Project Example Proposal [28]

Production Code	Product description	Quantity	Unit
10322	<ul style="list-style-type: none"> Solar Modules SOLAR Ecoplus P 250. + 10 Wp to 260 Wp of power Telorans Tyco Connector, 1640 x 991 x 43mm 17.3 kg. 10 year performance guarantee of 90%. 25 year performance guarantee of 80%. 12-year product warranty Made in Germany. 	16	Piece
10345	<ul style="list-style-type: none"> Solar inverter SMA Sunny Tripower 6000 TL stp. Multi-array technology, single-phase power-ESS DC disconnect 98.1% efficiency RS-485 (external) Bluetooth. 5 year product warranty. 	one	Piece
12676	<ul style="list-style-type: none"> SMA on 4 kW inverter charger device entry. Made in Germany - 5 year product warranty. 	one	piece
9385	<ul style="list-style-type: none"> Aluminum Construction. TÜV-controlled parts of mounting material. Simple Installation is easy and fast installation. 15 years product warranty. 	one	Set
	TOTAL	5 500.00	Euro

Investigation the Regulations in EU and North Cyprus

EU Standards for Photovoltaic Solar Energy System

According to the annual report of the UE Institute, the European Union twenty seven member states and a total population of the world as will be the largest economy in the four understood that the total assets value in 2010, 16.3 trillion (\$) about (501M) that the European Union (Germany, France, Britain and Italy in[16,29]. In case of EU climate change and provide low-carbon energy such feelings (RE) tries to be sure to secure economic growth and create jobs. The idea is changing climate goals major issue in most EU legislation. World energy consumption and 17% of the EU's total energy play a major role in the building of about 40% (Figure 3) industry this share shows that it has 34%[16, 23]

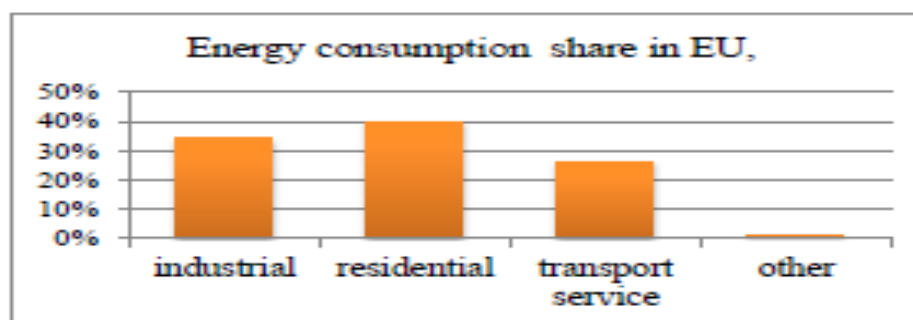


Figure 3. Energy Consumption Share in EU [19].

In addition, Cyprus, Greece, Luxembourg, Ireland and Malta for their country in their energy sector, 70% of transportation is oil based. Sweden, Norway and Finland and in the Nordic region, the Czech Republic, Central European countries, Slovakia, Hungary and Romania, trust in own energy source to reduce oil and 25% of the average electricity and gas is replaced with the source if you decide. In addition, Biomass, Austria, Latvia, Estonia, Finland and Sweden the main role in energy supply [16, 19].

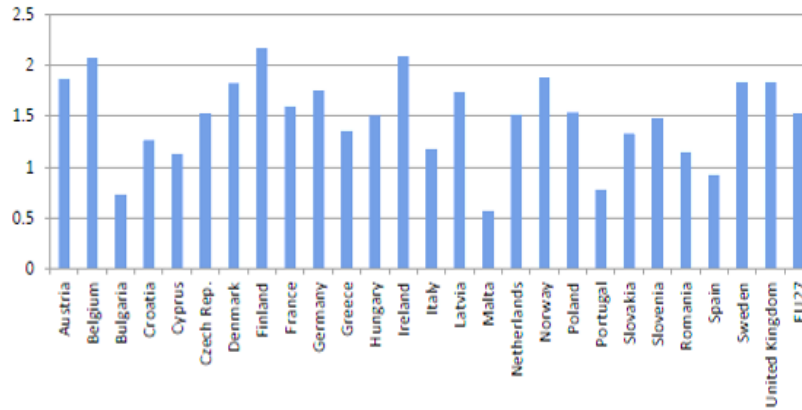


Figure 4. Utilization of Energy in EU [16].

EU PV Market Structure

It was presented that, The EU place as first major of the Photovoltaic (PV) market in ecumenical by utilize more than 13 GW installed among 2010 till 2011, and total capability of setting up of the PV module in that moment transmuted from 16GW to proximately 30GW in 2012 [7]. This situation was due to Germany, Italy and the Czech exaggeration of producing in PV industry (Figure 5). On the other hand France rapidly grows and they installed 719 MW in 2010. Afterward Spain disaster in 2009, Spain convalesced self-market moderately, and they reach 369MW annually. In advisement, additionally other components of EU market grow up in sustain mood [29].

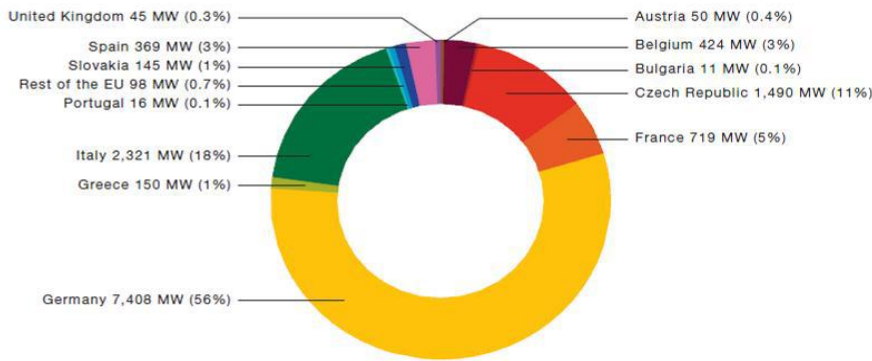


Figure 5. European Market Share 2012[29]

Within the time limit, it was the creation of European market gradually Nordic energy efficiency and adapts production to the outcome legislation. The most advanced and competitive market for energy-saving sectors and sub-sectors in the German market. Their survey of businessmen and financiers in the PV industry to produce 67 Billion €, the amount Germany has made the world more than 10% of all shareholders [19, 29].

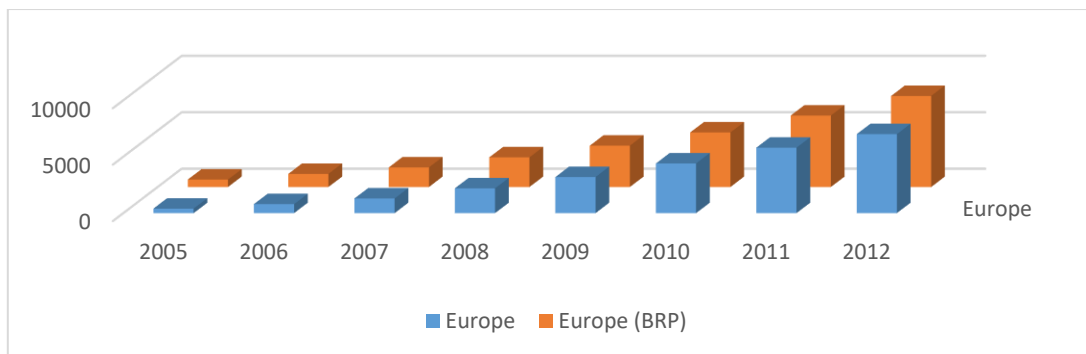


Figure 6. Estimation of the Cumulative Installed PV in EU [16]

EU PV Strategy, Regulation Framework

PV Policy focused on the promotion of the database market policies. The most important key to the first part of the policy, which rests at the national level, the demand and the government's definition of measure of PV panels' increases the attraction of investors. In addition, it controls the progress of the sales market for the usage of RE. Mutual exchange and knowledge transfer between countries, there is a second objective of the PV Policy database. The focus of European policy, economic incentives to producers and investors in the market by means draws the future of PV panels and persuasion strategies.

In 1997, European white paper (committee) 12% refreshes the energy situation to establish a strategy to double-up existing stock, which is based on the Kyoto Protocol before the European strategy in 2010. Potential members usually focused goal, accordingly, promote renewable energy and increase [30]. Then, "the European Photovoltaic Industry Association (EPIA)" merge (3gwp) and (2010) as the basic installation of the photovoltaic generator and in this market [16] at least "100,000 jobs" builds. 2001 was the starting point of the Green Electricity Directive commission; their aim was to create a framework for promoting PV unfailing use and produce energy in the European Union [31, 32]. It was evaluated 2005-2006 this committee drew existing national models for success in spite of the national targets, this strategy, the Lisbon Strategy mentions three focus functions: First, the Governor Growth, Competitiveness and finally Business [30].

Comparison EU and Northern Cyprus Photovoltaic System

Comparison EU and Northern Cyprus Advantage

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Government users PV plant construction and the EU provide financial resources for the installation of the authority of Northern Cyprus. • There are no restrictions for imports or investment in the PV market in North Cyprus. • Users do not require special skills to maintain PV at home. • PV technology research and development to develop their skills. • PV aids or maintain infrastructure investments to support the liberal or fossil fuel gas and electricity • High levels of insolation. • Increased awareness on Climate issues in North Cyprus. | <ul style="list-style-type: none"> • Covering all key technologies in Europe and has a good spread of PV strong R & D high level of quality. • PV attractive and high-tech nature of the country's R & D activities in the PV sector, we continuously proposal. • PV RTD projects are due in EC-funded projects to help build competencies in R & D team with several well- • PV in Europe the SME business structure, provides fast reaction to market requirements. • Thin film cells, organic cells, polymers, BIPV and developed a strong European R & D in stand-alone • The existence of PV roof program to stimulate the market. • European industry strong and BOS system stands alone. |
|--|--|

Comparison EU and Northern Cyprus Disadvantage

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Lack of authority. (difficulties to get permission) • As architects in charge of Northern Cyprus is not included in PV issues committee. • It depends on continuous cost reduction. • Weakness industrial nations. • Challenges historic buildings or cities, to integrate PV panels • The regulatory framework in Northern Cyprus constitutes a weakness in the PV market changing frequently. • A limited number of distribution companies. | <ul style="list-style-type: none"> • RTD is equal PV technologies and geographical and distribute, to dilute the effort and the key areas may not keep Europe competitive. • Very few in the country dedicated to the PV program. • Not enough countries have fully co-ordinated program. • Policies do not frequent communication between the academic and industrial R & D. • Academic and industrial R & D have different priorities. • SMEs with European PV companies usually own ground enough snow, new technologies / concept does not make it possible to develop commercial non-emergency. |
|---|--|

Investigation of Sustainable Energy in North Cyprus for Future

Domestic sector and un-renewable resources of Northern Cyprus and the immigrant population is increasing the number of potential limitations constitute the highest finishing position in the PV panel industry to import energy from other countries [17]. Regulations and seedlings Turkish Cypriot's strategy is not yet clear, but according to this part of the market structure, although it will show a great response to this change. However, many countries such as sub-structure change and residential smart grid system contours of the new system are applied to promote the use of PV panels [13]. According to the social analysis of the situation in Northern Cyprus, or get imported in the PV industry will cover the purpose of producing mines in the assembly or the PV definitions. Meanwhile, Northern Cyprus, according to the annual report KIB-TEK's total electricity production capacity of about not all user support, depending on network 346.3 megawatts, high oil and gas prices and grid access restriction Northern Cyprus in renewable energy using rapid growth may have an impact.

Current economic conditions and high implementation costs of PV technology in North Cyprus due to the use of old fossil fuel technologies in residential facilities, this technology is one of the major difficulties faced when applying. Government energy market in North Cyprus as allowing the use of PV technology is clear that a rapid increase within a year as soon as possible. Monocrystalline PV cells due to its low price and durability available in North Cyprus is the most preferred PV technology is discovered in an interview with the Cyprus Company. In the same study, using non-integrated systems such as PV panels for building façade shading devices to produce electricity is currently in Tuzla, shows that several buildings in Northern Cyprus[33].

This explosion or a way to promote the use of photovoltaic panels in North Cyprus. Therefore, the North Cyprus government to improve the sustainability of the PV market as using a renewable energy source and look into promoting the advantages are put forward. In addition, studies depict how PV modules has used to generate electricity for sustainable building in North Cyprus. Emphasis on the subject and opened at the same time the implementation of PV systems for other applications [34]. The study also opinion on technology, particularly in terms of PV facilities to generate electricity in Northern Cyprus, emphasizes. North Cyprus replay required both possible to install the photovoltaic panels power to meet the electricity needs of the building technological and economically viable. As a long-term perspective on the growth of other countries into account and consequently, proposals to install PV modules for power generation in North Cyprus is required by the building point of view below.

- There are many areas in the island grid are power outages. But the grid has not reached yet there are a large number of areas in northern Cyprus. All will be in accordance with the power that the living standards of explosion or power plants with PV system requires the use of alternative energy sources and will be cost savings.
- Ownership of Northern Cyprus as an alternative source for generating electricity makes sustainable building solar photovoltaic panels or solar radiation is a good amount, is fortunate to have solar PV electricity bright enough in many areas used for the production of the island; In this regard, the government's own building in order to develop sustainable living in northern Cyprus, giving credit to the owners of the building, including PV power should encourage the use of this important resource.
- Implementation and use of PV power will be useful in reducing the pollution and bearing serves as the public consciousness. Increased public awareness may be useful in determining appropriate policies for long-term sustainable development in Northern Cyprus.
- Northern Cyprus PV power use, climate change, alternative energy sources, will be informed about the availability and use. In terms of education, research PV panels in the future, researchers and policy makers should be encouraged to help; talented and knowledgeable policy makers, researchers, it is desirable for the growth of the country.
- The greatest growth will be in the next few years, solar energy and PV industry.
- To dry Fund and other renewable energy technologies as programs, the photovoltaic system will be the most economical option. When you look at the average carbon footprint of buildings in both commercial and residential markets, it produces 40 to 60 percent of heating most efficient photovoltaic system technology, cooling and hot water.

Finally, the date of the authorities nuclear energy and coal, oil and natural gas from the new railway industries, showed that incentives are playing a major role. There is no doubt that renewable energy sources are not much different. Northern Cyprus in clean energy sector, especially photovoltaic systems, and the need to maintain and deserve more support from the government in the short term to achieve a reasonable growth.

The status of Northern Cyprus has a bright PV market. Northern Cyprus to change the new regulations easily check the current status of the new system are the local people will be found direction, make it readable. The main target countries of the European PV industry and PV use, reduces CO₂ to protect the environment, such as the first generation and finally the review of the business. Although this strategy is focused on the main objectives of Northern Cyprus, but the situation becomes more critical differentiation. It may have an impact on the PV market is the number of population is different. However, over the years cannot be ignored in the amount and on clear days the sun. PV panels make electricity shows us life as the Northern Cyprus issue can easily prepare to observe. In addition, the use of interest and reasons for dividing:

- Environment
- Intense green credit and financial as many feet as there are tariffs.
- In some cases they do not have access to the network.
- Start-up costs and electricity bills is too high.
- PV panel efficiency at 25-year intervals.

Although the dominant bureaucracy as the Italian model, however, this method is not the situation in Cyprus is not yet institutionalized. One legislator refers to the law of Northern Cyprus and has a more punitive approach to prevent the growth of the industry and market. encourage Categories and every industry experts with the existing law and to memorize need to create new jobs, but the definition and separation to make very strategic mistakes and chaos, and in the face of opposition members 2000-2004. Another point during slow liability rules based on people's information to the path of growth, such as Italy, the main objective of the building, but it was accepted the use of PV panels, so it should be one of the members to organize architectural arrangement if (unfortunately referred to in this regulation.) the addition, BIPV and limits penetration neglect these regulations. This will be sluggish market weakness. Use of e-Government services can reduce the risk of bureaucracy. This is a government that will include information of various IT systems of public service data to develop. In addition, the government schools, government buildings and installation of PV systems in military camps will promote the use of PV panels. Cyprus during the period covered by this strategy, on the other networks are a small and isolated energy system without the potential connection. On the other hand, is still great challenges of Northern Cyprus macroeconomic and microeconomic and employment stage.

The strategic goal of the country's macroeconomic stability, the favorable economic development and social cohesion. More as a tool to ensure social cohesion, increasing competitiveness of the economy, it remains at the heart of development efforts. In northern Cyprus, regulation and interesting example detailed PV panels mounted and the PV panels but glance using the economists point could make the contract as board producers or subsidies to incent all kinds of rented houses, stop and allows the effects to one assist feature in the long run. Cypriots is to install PV panels Emphasis other nationalities and make a barrier to investment by international companies, thus constitutes the main threat in the regulations. PV panels use special insistence is another obstacle. Revision of photovoltaic systems during contract at this point protraction instant, continuous fund Layouts support is required. The new support plans 20 KW to 100 KW photovoltaic system may be necessary to increase the capacity of the case. PV panel's imported stuff should be noted that imports have to pass through several filters specifically in Northern Cyprus and this filter will increase the initial cost. One of the most important incentives for PV panels economy.

This problem is analyzed and the result was satisfied. Cell type and mounting type depends to compare the size of their 25-year life of PV cells would pay back the energy used in the production of 1.5-2 years. Is the result if you use your own power, energy bills account for the reduction, in addition, one of the biggest advantages of photovoltaic systems, ease of installation and usually certified installer and is not normally charged.

Northern Cyprus editing and recording not confirm yet. However, confirming the process, although it may take a long time over the issue, but should be formulated as soon as possible, but the European Union, at least not their fault iteration is a good working experience. (FIT) system is an important success factor for the threshold for the profitable operation of a photovoltaic plant (shire) in the calculation of some of the more-tight (break-even point) and 6% extra risk. The amount of food in the market demand, the tariff does not respond on a regular basis, but small investment, the sector is very sensitive to obstacles. It might affect their interest to use the FIT means changing deep PV panels.

The history of the world shows the maximum use of the subsidy program, subsidies or market (Per-effective) for short-term strategy can be very effective to excite; however, a campaign strategy for sustainable renewable energy should not just depend on the limitations of typical government budget and subsidy organizations. Germany program (EEG-HTDP) without parallel rough guide could certainly have been unsuccessful. a requirement for a current market monitoring system is high[35, 36]. Therefore, great budget are required to start the installation and system. There is a need for national healing approach instead of just monitoring system consistently at a high European level [37]. A few suggestions that North Cyprus body, photovoltaic technology to facilities in urban and rural structures will lead the market indicated. Generally conservative in the field of renewable energy technologies is a field. In addition, a wide network of these assets because it is project-based. This network coordination performance improvement requires the maximization of value leads to experience. Another important concept is to reduce the resistance to adapt new concepts and technologies. The purpose of this policy should be said:

- Licensing and authorization procedures, therefore, briefly mentioned in the previous section related to photovoltaic projects, will reduce the risk of building projects are the main problems encountered in eliminating these barriers.
- Transition and implementation capacity of the cover of a monitoring system and allow the update applicability.
- To increase public awareness and compliance to reduce resistance, the development of a communication strategy is of top priority. This development should target both private and public sectors.
- Certified installers, architects, engineers, and finance and insurance sectors to create the necessary conditions for education.
- The present proposal is based on the basic policy actions aim: technological capacity caps, tariff structure, licensing framework and authorization procedures and monitoring system. Further developments and the establishment of accompanying measures in detail (communication strategies for training and accreditation programs such as installers and development) what to do about.

Conclusion

Although PV panels are suitable for North Cyprus, but some (such request to meet some houses public services faced costs and high energy demands, no positive issues, population growth, technological developments in rapid growth, you should not think about it, especially the Karpaz region network or have any access to clean and efficient energy) is not suitable for connecting to public networks; It solves many of the significant energy and environmental issues now because renewable energy sources is growing. Surveys and other relevant sources, that one of the major consumers of energy is currently the construction industry, as well as the surrounding area is one of the core contributes to high levels of CO₂ emissions was to observe. Seen in this context, the issue of Northern Cyprus un-consideration of renewable energy is a big concern depends renewable energy to achieve sustainable environmentally friendly buildings. Lack of reliable renewable energy source, requires the use of photovoltaic technology.

The application of this technology in North Cyprus, will lead to social sustainability and therefore cause an increase in the foreign trade market and business opportunities will dramatically increase the sustainability of the building as a unit. In this context, the department of Northern Cyprus benefits of renewable energy sources and research on the important results of these efforts and projects has had to use due to the feasibility of photovoltaic technology. North Cyprus has to be improved the sustainability of the PV market as using a renewable energy source and look into promoting the advantages are put forward. In addition, studies depict how PV modules have used to generate electricity for sustainable building in North Cyprus. It is emphasis on the subject and opened at the same time the implementation of PV systems for other applications. The study also opinion on technology, particularly in terms of PV facilities to generate electricity in Northern Cyprus, emphasizes. North Cyprus replay required both possible to install the photovoltaic panels power to meet the electricity needs of the building technological and economically viable.

Abbreviations

KIB-TEK: Cyprus – Turkish Electricity office, EU-RED: Renewable Energy Directive : GHG emission: greenhouse gas emission; NGO: Non-governmental organization; RE: Renewable energy; REA: Renewable Energy Act

Acknowledgements

We would like to acknowledge all persons contacted during the data collection, who, in different ways, participated in the discussion of this research. Special thanks to the participants of the Cyprus Turkish Electricity office and Northern Cyprus Authorities. Special thanks for Senior Engineers in Cyprus Turkish Engineering Chambers.

Funding

The research is supported by Cyprus International University and also Both Authors provide the journal fee. Authors' decision is to maximize the alternative energy system in North Cyprus for our new generation. This is the reason that both of them are agreed to make requirements.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests

References

- [1] Ozerdem., O.C. and Biricik., S. (2011). *Overview of energy system and major power quality Problems in north Cyprus, Technical and Physical Problems of Engineering*, 8(3): 71-75.
- [2] Poullikkas A., (2009). *The Cyprus Energy Future*, Theopress Ltd. Nicosia, ISBN: 978-9963-9599-4-5.
- [3] Bradford, Travis (2006). *Solar Revolution: The Economic Transformation of the Global Energy Industry*. MIT Press. ISBN 026202604X
- [4] Makrides, G., et al. (2010). *Temperature behavior of different photovoltaic systems installed in Cyprus and Germany*, Solar Energy Materials & Solar Cells, 93 (2010): 1095-1099.
- [5] Randall, Julian (2005). *Designing indoor solar products : photovoltaic technologies for AES*. Hoboken, New Jersey: J. Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-01661-9.
- [6] Oktay, D. (2002). *Design with the climate in housing environments: an analysis in Northern Cyprus. Building and Environment*, 37 (10), 1003–1012.
- [7] Beattie, Donald A. (1997). *History and overview of solar heat technologies*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. ISBN 978-0-585-37263-1.
- [8] Bloem, J., Lodib, C., Ciprianoc, J., & Chemisanab, D. (2012). *An outdoor Test Reference Environment for double skin applications of Building Integrated Photovoltaic Systems. Energy and Buildings*, 50, 63–73. From: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778812001715>
- [9] Baldwin, Sam (20 April 2011) *Energy Efficiency & Renewable Energy: Challenges and Opportunities*. Clean Energy SuperCluster Expo Colorado State University. U.S. Department of Energy.
- [10] Dickson, H. and Fanelli, M. (2004). *What is Geothermal Energy*. Pisa, Italy.
- [11] Yiannis A. Katsigiannis.(2012). *Effect of wind Tribune Classes on the Electricity Production of Wind Farms in Cyprus Island*. Nicosia. Hindawi
https://www.researchgate.net/publication/270675705_Effect_of_Wind_Turbine_Classes_on_the_Electricity_Production_of_Wind_Farms_in_Cyprus_Island.
- [12] Andy Colthorpe (January 10, 2014). *PV provided 7% of Italy's electricity in 2013, says transmission operator*. PV-Tech.org. Retrieved 2014-07-31.
- [13] *Yenilenebilir Enerji Yasası*. (2011). Retrieved 8 November, 2016, from <http://tdkb.gov.ct.tr/tr-tr/anasayfa.aspx>
- [14] Ministry of TRNC Energy. (2011). *Renewable Energy Law*. Ministry of Turkish Republic of North Cyprus Energy.
- [15] Permit Applications for Renewable Energy Systems. (n.d.). Retrieved 3 September, 2016, from <http://yek.gov.ct.tr/Formlar>
- [16] EPIA. (2009). *EPIA 2009 Annual Report*. European Photovoltaic Industry Association.
- [17] Karuppanan Balasubramanian and Akin Cellatoglu (2009); *Optimal Utilization of Renewable Energy Resources in North Cyprus: A Proposed Model, Second International Conference on Computer and Electrical Engineering, Dubai*.
- [18] Bosselman, K. (2008). *The Principle of Sustainability: Transforming Law and Governance*.
- [19] International Energy Agency.(2009). *International Energy Agency Annual Report*.
- [20] Smith, Zachary Alden; Taylor, Katrina D. (2008). *Renewable And Alternative Energy Resources: A Reference Handbook. ABC-CLIO*. p. 174. ISBN 978-1-59884-089-6.
- [21] Christopher, Simon. (2006). *Alternative Energy: Political, Economic and Social Feasibility*. Rowman
- [22] *Cost of Solar*. (n.d.). Retrieved September 1, 2019, from <http://www.solarlighting.com/cost-of-solar>
- [23] Red Electrica de Espana. (2009). *Energy Consumption Share in European Union*.
- [24] Ryan, M. (2010). *Photovoltaic Design & Installation*. London: For Dummies.
- [25] *Off Grid Power Systems*. (n.d.). Retrieved June 25, 2019, from <http://www.wholesalesolar.com/solar-information/off-grid-living>
- [26] *Make Solar Systems Work Effective* (n.d.). Retrieved January 15, 2019, from <http://solpowerpeople.com/make-solar-tracking-systems-cost-effective/>
- [27] *Grid Connected Pv System*. (n.d.). Retrieved, 2 June, 2019, from <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/grid-connected-pv-system.html> - 35
- [28] *On-Grid Project Example Proposal*. (n.d.). Retrieved 23 August, 2019, from <https://www.ongrid.net/>

- [29] EPIA.(2015). *Global Market Outlook For Photovoltaics Until 2015*. Retrieved March, 29, 2019, from <http://www.slideshare.net/mpenergia/epia-global-market-outlook-for-photovoltaics-until-2015>
- [30] Krauter, Stefan C. W. (2006); *Solar Electric Power Generation - Photovoltaic Energy Systems*, [Renewable and Green Energy](#)
- [31] SeiaOrg. (2014). *Issues and Policies*. Solar Energy Industries Association.
- [32] Ron, P. (2007). *Green Technology*. Collins
- [33] *Photovoltaic Façade*. (n.d.). Retrieved, 2 August, 2019, from <https://www.profiles-systemes.com/en/aluminum-joineries/aluminum-facades/tanagra-photovoltaics-facade>
- [34] *Technologies Shaping the Future of Solar Power*. (n.d.). Retrieved September 20, 2020, from <https://www.theguardian.com/artanddesign/2015/jun/30/22-bishopgate-skyscraper-london-skyline-development>
- [35] H Schlemminger, CP Martens, H Wissel, J Martens (2004); *German environmental law for practitioners*
- [36] Marilyn, B. (2011). *Climate Change Mitigation, Energy Security*. Mit Press
- [37] Heinrich, H. (2012). *Photovoltaic System Design and Practise*.UK: Wiley.



Biogas production from the co-digestion of urban solid waste and cattle manure

Halil Şenol^{1*}

¹ Giresun University, Department of Genetic and Bioengineering, Engineering Faculty, Giresun, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3056-5013)

(First received 1 Temmuz 2020 and in final form 30 September 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802272)

ATIF/REFERENCE: Şenol, H. (2020). Biogas production from the co-digestion of urban solid waste and cattle manure. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 396-403.

Abstract

In recent years, the need for alternative energy sources has become an urgent concern due to the decline in fossil fuel input and also the disruption of fossil fuels to cause global warming and waste management, which is a human problem. Biogas, an example of alternative energy, can be used to eliminate these problems related to fossil fuels and biodegradable waste management. Since ancient times, biodegradable waste has been the subject of the discovery of environmentally friendly fuel products such as biogas. Animal manure and urban solid wastes produced by humans are the leading ones among these wastes. In this study, anaerobic digestion of different ratios of cattle manure (CM) and municipal solid waste (MSW) was investigated. Anaerobic digestion studies untreated were carried out in mesophilic conditions. In the reactor where CM: MSW mixture ratio is 2: 1, the highest biogas production (222.5 ± 15.7 mL/g solid matter) was realized compared to other mixture ratios. NaOH pretreatments were applied to this mixing ratio with concentrations of 0.1, 0.5, 1 and 2 N in order to increase biogas yield. After NaOH 1N pretreatment, biogas production increased by 47.46% compared to the untreated reactor. As a result of the application of NaOH pretreatment with 2N value, due to possible rapid resolution, biogas production was decreased compared to 1N NaOH pretreated reactor. As a result of the study, it has been understood that CM and MSW can be a good mixture in anaerobic digestion and biogas production can be increased successfully with NaOH pretreatments.

Keywords: Biogas, Cattle manure, Urban solid wastes, NaOH pretreatment.

Kentsel katı atık ve sığır gübresinin ko-sindiriminden biyogaz üretiminin incelenmesi

Öz

Son yıllarda alternatif enerji kaynağına duyulan ihtiyaç, fosil yakıt girdisinin azalması ve ayrıca fosil yakıtların çevreyi bozarak küresel ısınmaya neden olması ve insan sorunu olan atık yönetimi nedeniyle acil bir endişe kaynağı olmuştur. Alternatif enerji örneklerinden biri olan biyogaz, fosil yakıtlar ve biyolojik olarak parçalanabilir atık yönetimi ile ilgili bu sorunları ortadan kaldırmak için kullanılabilir. Çok eski zamanlardan beri, biyolojik olarak parçalanabilen atıklar, biyogaz gibi çevre dostu olan yakıt ürünlerinin keşfinin konusu olmuştur. Bu atıkların başında çoğunlukla hayvan gübreleri ve insanların ürettiği kentsel katı atıklar gelmektedir. Bu çalışmada sığır gübresi (SG) ve kentsel katı atıkların (KKA) farklı oranlardaki karışımlarının anaerobik sindirimi incelenmiştir. Ön işlemsiz anaerobik sindirim çalışmaları mezofilik koşullarda yürütülmüştür. SG: KKA karışım oranının 2:1 olduğu reaktörde diğer karışım oranlarına kıyasla en yüksek biyogaz üretimi (222.5 ± 15.7 mL/g katı madde) gerçekleştirilmiştir. Bu karışım oranına biyogaz verimini artırmak amacıyla NaOH ön işlemler 0,1, 0,5, 1 ve 2 N konsantrasyonlarda uygulanmıştır. 1N NaOH ön işlem sonucunda biyogaz üretimi ön işlemsiz reaktöre kıyasla % 47,46 oranında artmıştır. NaOH ön işlem konsantrasyonunun 2N olması muhtemel hızlı çözünürlük nedeniyle 1N NaOH ön işlemler reaktöre kıyasla biyogaz üretimi azalmıştır. Çalışma sonucunda SG ve KKA'nın anaerobik fermantasyonda iyi bir karışım olabileceği ve NaOH ön işlemler ile biyogaz veriminin başarıyla artırılacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Sığır gübresi, Kentsel katı atıklar, NaOH ön işlem.

* Corresponding Author: Giresun University, Department of Genetic and Bioengineering, Engineering Faculty, Giresun, Turkey, ORCID: 0000-0003-3056-5013, halil.senol@giresun.edu.tr

1. Introduction

The Earth has generally benefited from natural energy sources up to the 21st century. However, from the beginning of the 21st Century it has been noticed that these energy sources are the depleting and that the reserves remain in limited quantities. For this reason, demand for renewable energy sources has begun [1]. Biogas is among the renewable energies and it is a flammable gas obtained as a result of decomposition of biomass in the anaerobic environment. Biogas differs from other combustible gases in that it is obtained only from animal or vegetable, i.e. organic raw materials. Biological wastes, organic waste from food industry sources, organic kitchen wastes, energy plants such as corn or sugar beet and animal feces that are formed in animal fatigue can be used in biogas plants. Biogas content is approximately 50-80 % methane (CH₄), 20-50 % carbon dioxide (CO₂), 0.01-0.2 % oxygen (O₂), 0.1-1 % nitrogen, depending on the type of organic material used (N₂) and hydrogen sulphide (H₂S) in the range of 10-4000 ppm [2]. The biogas flammability feature is due to CH₄ gas, which is a natural gas similar [3]. The raw materials and properties used in the biogas production have a significant effect on the energy efficiency produced. Biogas production from organic materials is dependent on substances that can decompose into CH₄ and CO₂. For this reason, the components of animal manure and energy plants and their decomposability are important parameters for methane production [4]. Crude protein, crude oil, fiber, cellulose, hemicellulose, starch and sugar are effective in the formation of methane. Feeding animals also affects methane production and biogas production positively, as the majority of the substances that convert to carbon in the cattle are digested in the rumen and intestines. For this reason, cattle grazing, pigs and poultry have lower potential for biogas production compared to fertilizer. The CH₄ concentration in the biogas produced from cattle manure (CM) can be lower. It has been reported that higher protein levels of substrates during anaerobic fermentation have higher methane yield [5]. Anaerobic digestion and biogas production depend on many important parameters. These parameters are temperature, organic matter ratio, C/N ratio, pH, dry matter rate, hydraulic retention time and organic loading rate [6].

The lignocellulosic components in the structure of organic substances used for anaerobic digestion limit the production of biogas. The dissolution of lignocellulosic materials in water is very limited [7]. Hydrolysis of cellulose and hemicelluloses takes time. Lignin has no hydrolysis under anaerobic conditions [8]. For this reason, pretreatment technologies have been developed to provide biogas production from these lignocellulosic materials [9]. These pretreatments are; thermal, chemical, biological and solvent addition pretreatments [7, 10].

In the literature, anaerobic digestions of urban solid wastes have previously been studied on a large scale. Forster et al. [11] investigated the effect of anaerobic decomposition of urban solid wastes under thermophilic conditions on the inoculum source. To measure the performance of laboratory scale reactor with a capacity of 1.1 liters; different organic substances such as pig manure and sewage sludge was used. As a result, 44% COD removal and 43% volatile solid removal were observed. Lopes et al. [12] investigated the effect of animal liquid rumen on the organic part of urban solid wastes, a liquid inoculum during the anaerobic process of decay. Highest methane concentrations were 42.6%. The data obtained confirmed that the process significantly improved the performance of reactors with an inoculum. Rasopoor et al. [13] applied ultrasound wave pretreatment for the production of biogas from urban solid wastes. The maximum yield was found to be 478.1 mL/g volatile solid. It has been stated that cattle manure can be a co-substrate that helps other organic components [10]. Ahmadi-Pirlou et al. [14] examined different mixture ratios and alkali pretreatment effect of urban solid wastes and sewage sludge in mesophilic conditions. In literature, the anaerobic digestion of urban solid wastes has been examined in detail and it has been explained that there may be co-digestion with different organic wastes. However, there are no studies in the literature investigating the application of different NaOH pretreatments to the optimum mixing ratio of urban solid wastes and cattle manure. In order to use multiple organic substances in anaerobic digestion, it may be necessary to find the optimum mixing ratio first. Applying pretreatments to the optimal mixing ratio can maximize final biogas production.

In this study, biogas production was carried out under mesophilic conditions (35 °C) from mixtures of CM and MSW in order to achieve higher yields in anaerobic digestion. The aim of this study was to find the optimum mixing ratio of MSW and CM for anaerobic digestion under untreated conditions. In order to evaluate two different organic wastes in anaerobic digestion, different mixture ratios were prepared and the most suitable mixture ratio was selected according to the highest biogas yield. Alkaline pretreatments were applied to the most suitable mixture ratio and biogas yield was examined gradually. In the literature, there are no studies examining anaerobic digestion after alkaline pre-treatment on the optimum mixture of MSW and CM.

2. Material and Method

Fresh CM was obtained from Boztekke village in the center of Giresun city. MSW was taken from 3 different regions of the central solid waste facility of Giresun city. Organic parts of were separated from non-organic parts.

C and N values of organic wastes were measured using a Costest Elemental Analyzer and C/N ratios were calculated. The dry matter content was determined by drying for 24 h at 105 °C. The volatile solids content was obtained by burning the dried material in an ash furnace at 550 °C for 2 h [15]. The burnt ash was found by subtracting the starting mass from the known mass. Likewise, cellulose, lignin and hemicellulose determinations were determined by standard methods according to chemical methods [16].

In Table 1, the C/N ratio for CM is 18.78 while the C/N ratio of MSW is 13.02.

Table 1. Physical and chemical parameters of organic wastes

Parameters	CM	MSW
C% (%w)	31.75 ± 0.2	23.68 ± 0.2
N% (%w)	1.69 ± 0.1	1.82 ± 0.1
C/N (%w)	18.78	13.02
% solid matter (% w)	18.20 ± 0.2	15.30 ± 0.2
% Volatile solid matter (TS %)	83.05 ± 0.3	85.01 ± 0.3
moisture% (% w)	81.80 ± 0.3	84.70 ± 0.3
pH	7.21 ± 0.05	7.28 ± 0.05
Cellulose (% w)	27.20 ± 0.25	31.46 ± 0.29
Hemicellulose (% w)	13.80 ± 0.27	15.28 ± 0.35
Lignin (% w)	11.01 ± 0.52	10.97 ± 0.85

In table 2, MSW are collected at random from 3 different regions of Giresun urban solid waste landfill and divided into categories. In this way, the organic part that has been separated from the other waste types such as food waste, vegetable waste and paper. This organic part constituted 50 % of urban solid waste. Anaerobic digestion was continued with this part.

Table 2. MSW composition

MSW composition	weight % (w)
Food leftovers	29
Vegetable wastes	7
Paper waste	14
Glass material waste	6
Plastic wastes	12
Metal wastes	6
Other non-organic parts	26

2.1. Anaerobic Digestion Process methods

In order to examine the biogas production process from organic wastes, firstly, the optimum mixing ratio determination studies were performed to evaluate waste together. The mixture ratio of SG:MSW was prepared as 5:1, 1:1, 1:2, 0:1, 1:0 w/w, respectively. These reactors were designated as R1, R2, R3, R4 and R5 respectively. Each reactor was run of triples. Then, alkaline pretreatments were applied to the reactor which had the optimum mix ratio in the anaerobic process. In all experiments, the solids content was determined as 9 % by mass. As a bioreactor, filtering flask (500 mL) was used. To the outlet pipe of the reactor, an appropriate silicone hose was added, and 1-0.5 liters of gas collecting bags were installed at the end of this hose. All reactors were then covered with aluminum foil. In all experiments, 80 % of the volume used as bioreactors was filled with the slurry. The inlet and outlet of the hoses are taped to prevent gas leakage in the system. The pH of each reactor was measured for anaerobic digestion. In this process, if the pH value is not 6.6-7.4 which is necessary for the production of methane bacteria, it was adjusted with 5 N NaOH and 5 N H₂SO₄ buffers prepared up to the values in this range. The heating temperature was chosen as 35 °C for all experiments. The heating was done by means of a flat plate from below. After the start of the experiments, it was ensured that the reactors were manually mixed for 3-4 min on average within 12 hours. The amount of gas produced was measured by means of biogas gas collection bags of 0.3-0.5 liters and continued until gas formation stopped. The biogas production ratio of each reactor was determined as mL biogas/g solid matters. CH₄, CO₂ and H₂S analyzes were performed by a portable biogas meter (IRCD4 Multi-Gas Detecting Alarm Manual Instruction.)

2.2. NaOH Pretreatment Studies

In each bottle, 45 g total solid (TS) of MSW-CM mixture was mixed with 500 mL NaOH solution. NaOH concentrations applied to the optimum reactor were 0.1, 0.5, 1 and 2 N. The bottles were sealed in incubator at approximately 25 °C for 48 h. A bottle without a NaOH solution but containing only 25 g of HH and 250 mL of deionized water was used as the control. NaOH pretreatment [17] experiments were performed in triples. After NaOH pretreatment, the pretreated MSW-CM mixture was cooled to room temperature and taken from the bottles. The pretreated slurry was filtered to vacuum until maximum liquid removal, and dried in an oven at 40 °C for 72 h. The soluble chemical oxygen demand (sCOD) and pH of the liquid were analyzed at the beginning and end of the NaOH pretreatment. Every pretreated MSW-CM mixture was stored in a refrigerator for anaerobic digestion. In the final step, the pH of the slurry prepared for anaerobic digestion from pretreated solid MSW-CM mixture was adjusted to 7.0 with 1 M HCl.

2.3. Soluble Chemical Oxygen Demand Analyzes

SCOD is one of the most important parameters used to determine the amount of pollution in domestic or industrial wastewater. It represents the oxidation capacity of all organic materials irrespective of the rate of biodegradation of the material by chemical oxidation. It is the most commonly used parameter in environmental pollution. A method is obtained by determining the amount of organic substances in the wastewater in terms of the amount of oxygen required for chemical oxidation. The method is based on the principle

that all organic materials can be oxidized in acidic environments with strong oxidizers [18]. SCOD values are a measure of the rate at which organic materials are consumed in the anaerobic process. For this reason, it gains importance in anaerobic processes [19]. All SCOD determinations in anaerobic digestion were made according to standard closed reflux method [15].

3. Results and Discussion

The reactors with mass ratios 2: 1, 1: 1, 1: 2, 0: 1, 1: 0 of CM: MSW are named R1, R2, R3, R4 and R5 respectively. In Table 3, biogas production and SCOD removal after anaerobic digestion of reactors formed according to different C / N ratios are given. The anaerobic digestion temperature was 35 °C and the anaerobic period lasted approximately 35-40 days. After this process the anaerobic digestion was stopped because there was no gas production. Accordingly, the highest biogas production was occurred in the R1 reactor. Similarly, the highest COD removal rate was 41 % at the R1 reactor. For this reason, alkaline pretreatments was applied to R1 reactor (CM: MSW; 2:1) in order to obtain maximum yield from organic waste in anaerobic processes.

Table 3 C/N values and biogas production rates of wastes mixed at certain ratios.

CM:MSW mixture ratios	C/N ratio	Biogas production (mL/g solid matter)	SCOD% removal
R1	16.76	222.5 ± 15.7	41.0 ± 2.7
R2	15.82	205.4 ± 12.7	38.9 ± 3.8
R3	14.88	187.9 ± 19.1	37.6 ± 2.5
R4	13.01	149.5 ± 17.7	35.1 ± 4.7
R5	18.63	174.8 ± 12.9	36.6 ± 3.5

In Figure 1, cumulative biogas production rates are given for the reactors R1, R2, R3, R4 and R5, which are measured every 5 days according to gas volumes. According to this, the anaerobic digestion process of all reactors varied between about 35-40 days and the gas production stopped. Biogas production in all reactors has been accomplished successfully (cumulatively) over time. This may be due to the growth of anaerobic bacteria in reactors over time, their resistance to volatile fatty acids and the ideal mixture in reactors.

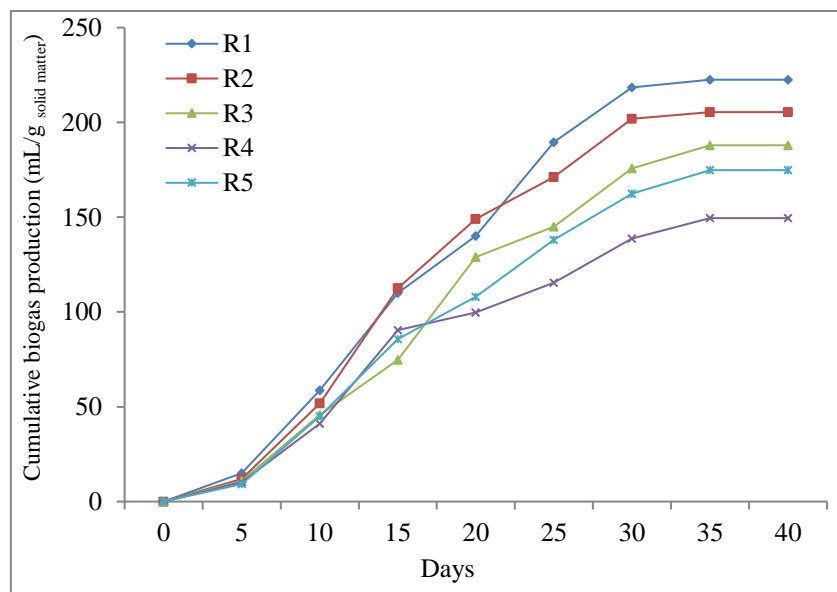


Figure 1. Anaerobic process in optimization studies

In Table 4 are given the gas contents of the gases produced by the reactors prepared at different mixing ratios. The highest methane content was 62.4 % v/v in R1. The lowest methane content was 57.9 % in R4. H₂S contents varied between 309-628 ppm.

Table 4 Gas content of wastes mixed at certain ratios.

Reactors	CH ₄ %	CO ₂ %	H ₂ S ratio (ppm)
R1	62.4 ± 1.2	37.3 ± 1.5	399 ± 220
R2	60.2 ± 2.5	39.3 ± 2.5	408 ± 180
R3	58.5 ± 1.4	41.1 ± 3.1	459 ± 252
R4	57.9 ± 0.9	41.8 ± 2.7	628 ± 320
R5	58.4 ± 1.9	41.2 ± 1.8	309 ± 241

In Figure 2, the anaerobic digestion process was checked every 5 days for the determination of SCOD and the anaerobic process was controlled. Thus, the rate of SCOD removal of all reactors increased in parallel with the gas production rate. This gives the anaerobic system's determination. SCOD removals continued to be cumulative over time. After the 40th day, SCOD removal stopped at all reactors.

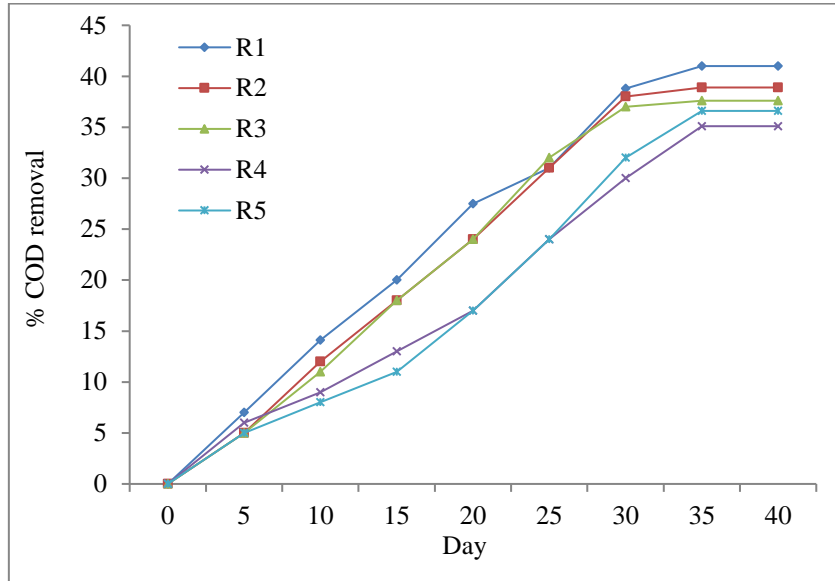


Figure 2. COD removals process at 35 °C

The biogas production rates and SCOD% removals produced by the 0.1, 0.5, 1, 2N NaOH pretreatments applied to the R1 reactor are given in Table 5. The highest increase in biogas yield occurred as a result of 1 N NaOH pretreatment. A total of 328.1 mL/g solid matter biogas production was achieved in this reactor. Thus, biogas efficiency was increased by 47.4 % by NaOH pretreatment. Similarly, the highest increase in % COD removal occurred due to 1 N alkaline pretreatment. SCOD removal in this reactor increased from 41% to 66.5 %. The increase in biogas production showed a close correlation to the linear correlation with the efficiency of SCOD removals. The lowest biogas yield occurred as a result of 0.1 N alkali pretreatment. In this reactor, 280.4 mL/g solid matter produced biogas and the lowest increase was 26.0 %.

Table 5 Results of alkali pretreatment applied to reactor R1.

NaOH concentrations	Biogas production (mL/g solid matter)	Incremental biogas yield (%)	sCOD% removal	Incremental sCOD % removal
0.1 N	280.4 ± 11.4	26.0	52.8 ± 1.5	28.7
0.5 N	300.2 ± 18.7	34.9	61.2 ± 1.9	49.2
1 N	328.1 ± 12.5	47.4	66.5 ± 2.4	62.2
2 N	305.2 ± 15.1	37.1	58.0 ± 2.8	41.4

Figure 3 shows the anaerobic process of the alkali pretreated reactors. Biogas production began to increase faster than in Figure 2. The anaerobic digestion period lasted about 35-40 days. The reason for this is that some of the lignocellulosic molecules was converted into water-soluble small monomer molecules. Thus, biogas production was faster.

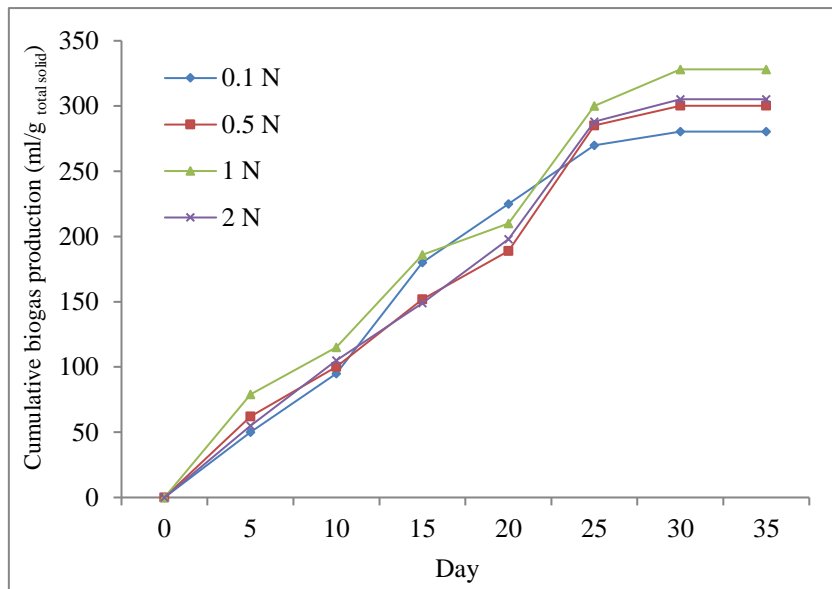


Figure 3. Cumulative biogas production of different concentrations of alkaline pretreatments

In Figure 4, the COD removal stage in the anaerobic process of the reactors pretreated is given. Accordingly, in the reactor (1.0 N pretreated) with the highest biogas production, the highest sCOD removal occurred.

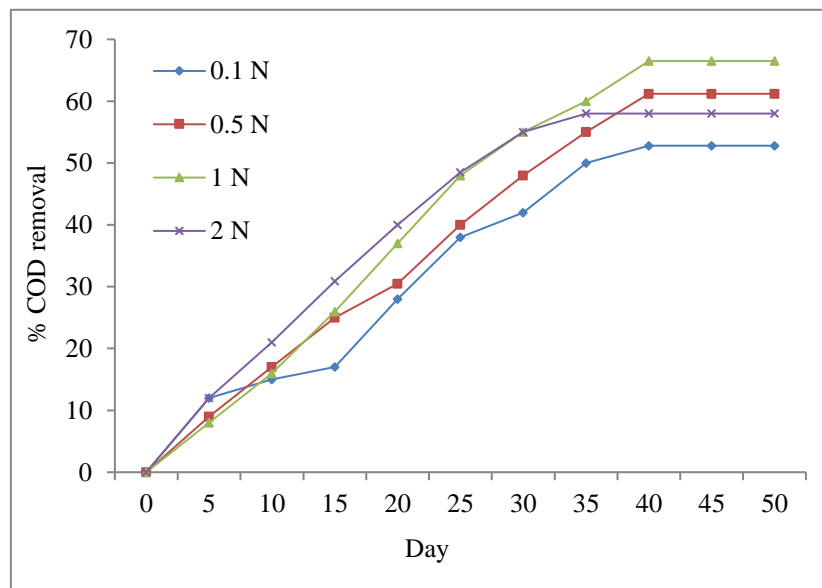


Figure 5. SCOD removals of different concentrations of alkaline pretreatments

Table 6 gives the results of different preliminary techniques applied as a result of different studies. Accordingly, it is understood that biogas production varies according to the type of pretreatment applied and the concentration value. In a study by Salehian et al.[20] alkaline pretreatment was applied to pine tree waste between 10, 30 and 60 min. As a result of this pretreatment, the highest biogas production increased by 118.6% as a result of the pretreatment applied for 60 minutes compared to the pretreatment reactor. In the literature, NaOH pretreatment results at different concentrations increased biogas yields at a different rate. Application of NaOH pretreatment at low concentrations had different effects on biogas yield. When the related literature is examined in general, NaOH pretreatment concentration value of 4% increased the biogas efficiency compared to lower concentration values. In a study, for corn stover, the optimum NaOH pretreatment concentration was found to be 5% w/v [21].

Table 6 Comparison of results with literature.

Type of organic sample	Pretreatment conditions	Anaerobic digestion results	References
CM and MSW mixture	1 N NaOH	47.4% incremental biogas production	This study
Rice straw	NaOH % 1 w/w	% 36.7 incremental biogas production	[22]
Rice straw	NaOH % 1.6 w/w	% 21.4 incremental methane production	[23]
Rice straw	NaOH % 2 w/w	% 23.2 incremental biogas production	[22]
Rice straw	NaOH % 3 w/w	% 18.9 incremental biogas production	[22]
Paddy straw	NaOH % 4 w/w	% 54.7 incremental biogas production	[24]
Pine tree	NaOH 8% w/w	118.6% incremental biogas production	[20]

4. Conclusions and Recommendations

There is a potential to benefit from all organic wastes in biogas production. However, due to the presence of lignocellulosic components in the structure of some organic wastes, the hydrolysis stage takes a long time and the production yield is very low. For this reason, the development of various pretreatment technologies increases production efficiency and shortens the hydrolysis step.

Studies were performed to determine the optimum mixing rates of CM and MSW in anaerobic digestion. The best mixing ratio of CM and M in anaerobic digestion was determined as 2: 1 w/w. The pretreatments were applied for increase of biogas production since it was achieved the lignocellulosic components soluble in water. Then NaOH pretreatments were applied to determine the optimum mixing ratio. Biogas production of the 1N pretreated reactor increased by 47.4% compared to the untreated reactor.

In order to evaluate different organic substances together in anaerobic digestion, firstly, finding the most suitable mixture ratio may reveal higher biogas yield. Applying NaOH pretreatments to the optimal mixing ratio of waste can significantly increase biogas production compared to untreated reactors. The cost of pretreatment technologies may require small volumes of optimization experiments. Thus, besides achieving the highest biogas efficiency, the cost of pretreatments can be minimized.

Contribution of the Authors

In designing the study, making and interpreting the experiments belongs to the author himself.

Conflict of Interest Statement

There is no conflict of interest among the authors.

Research and Publication Ethics Statement

In the study, research and publication ethics were followed.

References

- [1] Atelge, M. R., Atabani, A. E., Banu, J. R., Krisa, D., Kaya, M., Eskicioglu, C., Kumar, G., Lee, C., Yıldız R.Ş., Unalan, S., Mohanasundaram, R. Duman, F. (2020). A critical review of pretreatment technologies to enhance anaerobic digestion and energy recovery. *Fuel*, 270, 117494.
- [2] Şenol, H. 2020. Anaerobic digestion of hazelnut (*Corylus colurna*) husks after alkaline pretreatment and determination of new important points in Logistic model curves. *Bioresource Technology*, 300, 122660.
- [3] Atelge, M. R., Krisa, D., Kumar, G., Eskicioglu, C., Nguyen, D. D., Chang, S. W., Atabani, A. E., Al-Muhtaseb H., Unalan, S. (2020). Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives. *Waste and Biomass Valorization*, 11(3), 1019-1040.
- [4] Şenol H., Elibol E. A., Açıkkel Ü., Yalçın A. 2018. Farklı Ham Sığır Gübresi/Mezbaşa Atıkları Karışım Oranlarının Biyogaz Üretimi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1): 11-21.
- [5] Sakar S., Yetilmezsoy K., Kocak E. 2009. Anaerobic Digestion Technology in Poultry and Livestock Waste Treatment - A Literature Review. *Waste Management & Research*, 27(1): 3-18.
- [6] Salminen E., Einola J., Rintala J. 2003. The Methane Production of Poultry Slaughtering Residues and Effects of Pretreatments on the Methane Production of Poultry Feather, *Environmental Technology*, 24(9): 1079 - 1086.

- [7] Patinvoh R. J., Osadolor O. A., Chandolias K., Horváth I. S., Taherzadeh, M.J. 2017. Innovative Pretreatment Strategies for Biogas Production, *Bioresource Technology*, 224: 13-24.
- [8] Yenigün O., Demirel B. 2013. Ammonia Inhibition in Anaerobic Digestion: a review, *Process Biochemical*, 48 (6): 901–911.
- [9] Tufaner F., Avşar Y. 2016. Effects of Co-substrate on Biogas Production from Cattle Manure: a Review, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(9): 2303-2312.
- [10] Forster - Carneiro T., Perez M., Romero L.I. 2006. Composting Potential of Different Inoculum Sources In the Modified SEBAC System Treatment of Municipal Solid Wastes, *Bioresource Technology*, 98 (1): 3354 - 3366.
- [11] Lopes S.M., Leite V.D., Prasad S. 2004. Influence of Inoculum on Performance of Anaerobic Reactors for Treating Municipal Solid Waste, *Bioresource Technology*, 94(1): 261 - 266.
- [12] Rasopoor M., Ajabshirchi Y., Adl M., Abdi R., Gharibi A. 2016. The Effect of Ultrasonic Pretreatment on Biogas Generation Yield from Organic Fraction of Municipal Solid Waste under Medium Solids Concentration Circumstance, *Energy Conversion and Management*, 119(1): 444 - 452.
- [13] Ahmadi-Pirlou M., Ebrahimi-Nik M., Khojastehpour M., Ebrahimi S. H. 2017. Mesophilic Co-digestion of Municipal Solid Waste and Sewage Sludge: Effect of Mixing Ratio, Total Solids, and Alkaline Pretreatment, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 125: 97-104.
- [14] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, & Water Environment Federation. 1920. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.
- [15] Van Soest P.v., Robertson J., Lewis B.J. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. 74 (10): 3583-3597.
- [16] Zheng M., Li X., Li L., Yang X., He Y. 2009. Enhancing Anaerobic Biogasification of Corn Stover Through Wet State NaOH Pretreatment, *Bioresource Technology*, 100 (21): 5140-5145.
- [17] Jimenez J., Aemig Q., Doussiet N., Steyer JP., Houot S., Patureau D. 2015. A New Organic Matter Fractionation Methodology for Organic Wastes: Bioaccessibility, and Complexity Characterization for Treatment Optimization, *Bioresource Technology*, 194 (1): 344 - 353.
- [18] Syaichurrozi I., Sumardiono S. 2013. Predicting Kinetic Model of Biogas Production and Biodegradability Organic Materials: Biogas Production From Vinasse At Variation of COD/N Ratio, *Bioresource Technology*, 149 (1): 390 - 397.
- [19] Salehian P., Karimi K., Zilouei H., Jeihanipour A. 2013. Improvement of Biogas Production from Pine Wood by Alkali Pretreatment, *Fuel*, 106(1): 484–489.
- [20] Zhu J., Wan C., Li Y. 2010. Enhanced Solid-State Anaerobic Digestion of Corn Stover by Alkaline Pretreatment, *Bioresource Technology*, 101 (19): 7523-7528.
- [21] Shetty D. J., Kshirsagar P., Tapadia-Maheshwari S., Lanjekar V., Singh S. K., Dhakephalkar P. K. 2017. Alkali Pretreatment at Ambient Temperature: A Promising Method to Enhance Biomethanation of Rice Straw, *Bioresource Technology*, 226 (1): 80-88.
- [22] Gabriele M., Stefano P., Gerardo R., Piet N.L.L., Giovanni E. 2018. Trace Elements Dosing and Alkaline Pretreatment in the Anaerobic Digestion of Rice Straw, *Bioresource Technology*, 247: 897 - 903.
- [23] Kaur K., Phutela U.G. 2016. Enhancement of Paddy Straw Digestibility and Biogas Production by Sodium Hydroxide-Microwave Pretreatment, *Renewable Energy*, 92: 178 - 184.



Modified Region Growing Method For Image Segmentation Using Ant Lion Optimization Algorithm

Bashir Sheikh Abdullahi Jama^{1*}, Nurdan Baykan²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2417-9223)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4289-8889)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.812052)

ATIF/REFERENCE: Jama, B. Sh. A. & Baykan, N. (2020). Modified Region Growing Method for Image Segmentation Using Ant Lion Optimization Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 404-411.

Abstract

Image segmentation is a significant step in image processing that applies to various fields. These fields include machine vision, object detection, astronomy, biometric recognition systems (face, fingerprint, plate, and eye), medical imaging, video surveillance, and many other image-based technologies. Efficient image segmentation is one of the most important tasks and critical roles in automatic image processing. Especially in engineering studies, finding the most suitable solutions for problems is one of the important research topics. Bio-inspired algorithms such as Particle Swarm Optimization (PSO), Ant Colony Optimization (ACO), Artificial Bee Colony (ABC), and Bat Algorithm (BAT), etc. are used to find the optimal solutions in search spaces and Ant Lion Optimization (ALO) is one of these algorithms. In recent years, bio-inspired algorithms are used to optimize the segmentation parameters of the images. This research proposes a modified region growing (RG) image segmentation approach using bio-inspired ALO. Region growing (RG) has three main problems as the selection of the right seeds, the number of seeds, and the region growing strategy. Therefore, ALO was used to solve seed selection problems in RG. In this study, firstly, the median filter was applied to the inputs to improve the quality of the images. Subsequently, the region growing segmentation was carried out using optimal seed points obtained from the ALO. For obtaining the optimal seeds, ALO was used to solve the limitations of RG during the segmentation process. The success of the proposed approach was tested using some images taken from the BSDS300 (Berkeley) dataset. The experimental results show that the proposed method segments almost all the images.

Keywords: Region growing, Seed point selection, Image Segmentation, pre-processing, Ant Lion Optimization.

Karınca Aslanı Optimizasyon Algoritması Kullanarak Görüntü Segmentasyonu İçin Modifiye Edilmiş Bölge Genişletme Yöntemi

Öz

Görüntü bölütleme, çeşitli alanlar için geçerli olan görüntü işlemenin önemli bir adımındır. Bu alanlar arasında makine görmesi, nesne algılama, astronomi, biyometrik tanıma sistemleri (yüz, parmak izi, plaka ve göz), tıbbi görüntüleme, video izleme ve diğer birçok görüntü tabanlı teknoloji bulunmaktadır. Etkili görüntü bölütleme, otomatik görüntü işlemede en önemli işlemlerden ve kritik rollerden biridir. Özellikle mühendislik çalışmalarında, problemlerde en uygun çözümleri bulmak önemli araştırma konularından biridir. Arama alanlarında en uygun çözümleri bulmak için Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), Karınca Algoritması (KA), Yapay Arı Kolonisi (ABC) ve Yarasa Algoritması (YA) gibi biyo-esinlenmiş algoritmalar kullanılır ve Karınca Aslan Optimizasyonu (KAO) bu algoritmalarından biridir. Son yıllarda, görüntülerin bölütleme parametrelerini optimize etmek için biyo-esinlenmiş algoritmalar kullanılmaktadır. Bu araştırma, biyo-esinlenmiş KAO kullanarak, geliştirilmiş bir bölge büyütme (BB) görüntü bölütleme yaklaşımı önermektedir. Bölge büyütme doğru tohum seçimi, tohum sayısı ve bölge yetiştirme stratejisi olmak üzere üç ana sorunu vardır. Bu nedenle RG'deki doğru tohum probleminin seçiminde KAO kullanılmıştır. Bu çalışmada öncelikle görüntülerin kalitesini artırmak için,

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2417-9223 Bashiir204@gmail.com

giriş görüntülerine ortanca filtresi uygulanmıştır. Daha sonra KAO'dan elde edilen optimum tohum noktaları kullanılarak bölge büyütme ile bölütleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimal tohumları elde etmek için, bölütleme sırasında BB'nin sınırlamalarını çözmek için KAO kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımın başarısı, BSDS300 (Berkeley) veri setinden alınan bazı görüntüler kullanılarak test edilmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin neredeyse tüm görüntüleri bölütlere ayırdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bölge büyütme, tohum seçimi, görüntü bölütleme, önışleme, Karınca Aslan Optimizasyonu

1. Introduction

In an image, some properties of similar pixels in a certain region such as density, color, texture are similar. Similarly, adjacent regions containing pixels of different properties may be substantially different from each other. The main goal of image segmentation is to divide a picture into more understandable and easy-to-analyze sub-parts [1]. Image segmentation is a process of dividing up digital images into multiple subsegments and it became an important research area of today's image processing technology [2]. Segmentation is a critical step of image processing that increases usefulness while reducing the complexity of the data. The reason for doing segmentation is to make it easier to process an image, speeding up subsequent processings [3]. There a lot of application of image segmentation including machine vision, biometrics, medical imaging, face recognition, fingerprint recognition, control of traffic Systems, satellite imagery, video surveillance and etc.

Many different algorithms and systems have been produced for image segmentation. However, since the success of the segmentation process depends on the applied area and problem, there is no definite answer for the image segmentation problem. These process often need to be combined with domain knowledge to effectively solve the segmentation problem [3]. The basic objective of this research is to introduce a modified region-based image segmentation technique using Region Growing (RG) based on Ant Lion Optimization algorithm (ALO). The rest of the study is arranged as follows. The related works were discussed in Section 2, the material and method was described in section 3. Proposed method was given in Section 4 while section 5 presents the experimental result of the study. And the final section is presented with conclusions and recommendations.

2. Related Work

The history of image segmentation dates back to the earliest 1970s where the first works on single image segmentation are from the early '70s[1]. For example, Brice and Fennema (1970) propose a segmentation algorithm for blocks world pictures. Since that time many image segmentation procedures have been invented by scholar and researchers, anyhow the most frequently and generally utilized segmentation methods incorporate Region-based, edge-based, fuzzy-based theory, artificial neural network, and threshold-based segmentation [2]. In the last years, countless studies have been executed in the area of the image segmentation process. Nowadays, there are thousands of algorithms that do the partitioning process, which is quite different from each other, but there is still no specific algorithm that applies to all kinds of digital images that fulfill every purpose [3, 4]. Many image segmentation procedures have been created by scholar and researchers. But generally image segmentation are categorized as similarity-based (region-based and tress holding) and discontinuity-based (edge) [5]. The main idea of this section is to review the studies related to this study and the mechanisms used in previous studies. Merzougui et al. [6] Suggested a segmentation technique dependent on region growing(RG) and metaheuristic algorithms (EA). Before division, the quantity of classes is dictated by the standard of maximum entropy. The joined RG and EA comprise of choosing among the entirety of the potential segments the ideal parcel by expanding a measure for validating division. Jeevakala et al. [7] proposed a changed region growing division technique that precisely segments the cochlear nerve area. The portioned locale is estimated and assessed utilizing the long distance across, short measurement, and cross-sectional field. Reddy et al.[8] Proposed another algorithm dependent on the RG, where brain tumor MRI pictures are utilized to test the success of the technique. Chondro et al. [9] proposed a computer-assisted region segmentation for plain chest radiographs that included enhancing avant-garde contrast-enhancing obscurity of the lung areas. Charifi et al. [10] studied the seeded region growing (SRG) algorithm in 2 different color spaces as RGB and HSV. The implemented method were investigated for 3 different cases as utomated seed selection based on color and area features, region growth using Euclidean distance and overcome the over-segmentation. RG is used to distinguish breast masses in [11], the study used RG was enhanced where the underlying seed pixels and thresholds are ideally created utilizing a multitude of swarm optimization strategy known as Dragon Fly(DF) Optimization. The texture highlights are extricated utilizing GLCM and GLRLM strategies from the partitioned pictures and took care of into a Feed-Forward Neural Network (FFNN) programmed to utilize a backpropagation algorithm which orders the pictures as benign and malignant. Bruntha et al.[12] Presented a viable RG methodology for the early discovery of lung disease utilizing registered tomography. At first, the Gaussian filter (GF) was utilized for pre-processing to expel clamor. For portioning lung parenchyma, a versatile power thresholding technique was utilized. Baghi et al. [13] Presented another technique dependent on the RG and Spectral Cluster (SC) for the division of synthetic aperture radar pictures. In the proposed technique first RG is applied to the SAR pictures so as to discover the **boundary** and afterward segmentation is finished utilizing SC strategy. Duman & Erdem. [14], utilized the RG division to distinguish whether the pixels are a piece of the edges or the textures. Malarvel et al. [15] Presented a new segmentation scheme based on RG method without implication of preprocessing techniques in the input image. Happ et al. [16] presents another method for distributed RG picture segmentation dependent on the MapReduce model (the most used programming models to process a tremendous volume of data in the cloud). Zhongming & Jun. [17] proposed a strategy for infrared image segmentation dependent on wavelet transform (WT) modulus maxima and the RG. Elmorsy et al.[18] presented another segmentation algorithm according to the size choice RG for extraction of liver from CT images. The preprocessing of the algorithm includes 3 steps as thresholding, region growing, and size selection morphological operations. Singh & Gupta [19] proposed a basic and simple methodology for the location of dangerous tissues in the mammogram. The identification stage

is trailed by the division of the tumor area in a mammogram picture. X. Li et al. [20] Presented a new method of segmentation for high-level resolution remote sensing pictures using traditional region growing (RG).

Wu & Guo [21] proposed an image segmentation method using the Markov random field (MRF) model and the RG for sonar image segmentation. Zhang et al. [22] proposed a RG named as bi-directional growing segmentation algorithm for medical images. At first, a pixel from the background was selected as the initial seed. Lu et al. [23] Utilized Quasi-Monte Carlo strategy to improve conventional RG technique, the improved procedure upgrades the proficiency of choosing the right seed focuses and the improved RG rules better suits the liver division. Seeded RG (SRG) in view of PSO is presented in [24]. The strategy could be considered as one of the methodologies which present another support of PSO for image segmentation.

Optimization can be described as a cycle of finding the best cases to increase the efficiency, output, performance and profit while reducing cost and resource consumption [25]. Metaheuristic algorithms are often called as bio-inspired and nowadays they are widely used to find optimal parameters. There are several MA algorithms such as genetic algorithms (GA) [27], Simulated Annealing (SA) [28], Differential Evolution (DE) [29], Ant Colony Optimization (ACO) [30-32], Particle Swarm Optimization (PSO) [33], Harmony Search (HS) [34, 35], Bat Algorithm (BA) [36], Evolutionary Programming (EP) [37] and others. Some of the new algorithms proposed in recent years are Grey Wolf Optimizer (GWO)[38], Artificial Bee Colony (ABC) [39], Firefly Algorithm (FA) [40], Cuckoo Search (CS) [41], Gravitational Search Algorithm (GSA) [42], Cuckoo Optimization Algorithm (COA) [43], Charged System Search (CSS) [44], Ray Optimization (RO) [45], Colliding Bodies Optimization (CBO) [46], Hybrid Particle Swallow Swarm Optimization (HPSSO) [47], Democratic Particle Swarm Optimization (DPSO) [48], Dolphin Echolocation (DE) [49], Chaotic Swarming of Particles (CSP) [50], Whale Optimization (WO) [51] and Ant Lion Optimizer (ALO) [52]. Optimization algorithms scan for the global ideal in a pursuit space by making at least one random answers for a given issue [52]. This is known as the arrangement of candidate solutions. The arrangement of candidates is then improved iteratively until the fulfillment of an ending condition. The improvement can be considered as finding a more exact estimation of the global optimal than the underlying arbitrary guesses. With this procedure, Evolutionary Algorithms (EA) are considered with improvements in points such as issue and determination independence, nearby optima evasion, and straightforwardness. Many of these algorithms for example, Firefly Algorithm (FA) [53], GA [54], PSO [24], ABC [55], ALO [56], GWO [57, 58], ACO [59] and others have been implemented in image segmentation. Among them, in the study using ALO, Mostafa et al. [56] proposed a methodology for liver segmentation based on ALO.

3. Material and Method

3.1. Pre-processing

One of the basic preprocessing steps in the image processing is filtering. Filtering is a basic method used to highlight the features or improve the quality of the image [60]. Some basic operations such as edge detection, image enhancement, sharpening and straightening in image processing are performed using some filtering operations. Filters help visual interpretation of images and can be used for facilitating subsequent digital processing steps [60]. Median filter (MF) was used in this study. The MF is a basic nonlinear filter that is used to remove noise from an image. The MF first sorts all the pixel values in ascending order list and then calculates the pixel value as the center by taking the value in the middle of the list. There are two main advantages to using the median filter. The first is that it is easy to apply. The second is that it may be used to remove different types of noise [60].

3.2. Region growing

Region growing (RG) is a pixel-based approach of image segmentation where intensity, texture, color and other image features are considered for dividing the pixels into regions. RG depends on the initial pixel named as "seed", which decides whether adjacent pixels should be added to it's region or not. At first, a seed pixel is selected. Then, the neighboring pixels that meet the growing criteria according to the determined features are gathered around the seed and the region is enlarged. The growing for that region is halted when none of the neighboring pixels satisfy the determined growing criteria, and another pixel is selected as the new seed and new growing is made around that seed. This process continues till entire pixels in the picture belong to a region. In the RG segmentation method, the selection of seeds and thresholds plays a notable role in the segmentation. The procedure of the RG algorithm is performing in the following steps:

Step_1. The n number of seed pixels are selected as p_1, p_2, \dots, p_n . Also, the n number of regions according to these seed pixels are determined as C_1, C_2, \dots, C_n .

Step_2. Calculate the difference between the seed point p_i and the pixel value of neighboring points. If the distinct is smaller than the defined threshold value (criterion), the adjacent point can be classified as C_i region, where $i = 1, 2, \dots, n$.

Step_3. Recalculate the boundary of C_i and the mean values of all pixels in C_i region is recomputed as new $p_i(s)$ respectively.

Step_4. Repeat the Steps 2 and 3 till whole pixels in the image have been assigned to a suitable region.

RG has three main problems: The first problem that is the selection of the right seeds, is the most difficult problem of the growing method. The second problem is the number of seeds that should be used because different number of seed points give different segmentation results. And the last problem is the different results obtained by the different strategies (top-to-down or bottom-to-up) that region growing uses to perform segmentation. Apart from these main problems, not only for region growing but also for other

segmentation techniques, is the effect of noise on images. For this reason, researchers are trying to solve these problems and propose segmentation algorithms that give good results in noisy images.

3.3. Antlion algorithm

Ant Lions are a category of insects under the family Myrmeleontidae of the class Neuroptera, which incorporates Dobsonflies and Lacewings [62]. The name “ant lion” is called the hunter larvae which eat ants and similar insect species. These hunters hide under the ground or in the self-made pits of sand and wait for predatory insects to fall into their trap. When a prey is trapped, they consume it immediately. The Ant Lion Optimization (ALO) method inspired and modeled mathematically by the hunting procedure of ant lions larvae was proposed by researcher Mirjalili in 2015 [52].

The ALO impersonates the communication among ant lions and the ants in the snare. In the algorithm model, ants are permitted to move for food in the inquiry space and subterranean insect lions hunt the ants utilizing the snares.. There are n number of ants and ant lions in ALO. The position of ants is spared and used matrices for ants and ant lions during an improvement in the algorithm are given in Eq (1).

$$M_{ant} = \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & \dots & A_{1,d} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & \dots & A_{2,d} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_{n,1} & A_{n,2} & \dots & A_{n,d} \end{bmatrix}$$

It ought to be noticed that ants are like particles in PSO or individuals attributes in genetic algorithm. The location of an insect alludes to the boundaries for a specific solution. Fitness (objective/cost) function matrices have been considered to store the location of entire ants or antlions throughout the optimization. The matrices denoted the fitness (objective) function during optimization are given in Eq (2).

$$M_{OA} = \begin{bmatrix} f([A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1d}]) \\ f([A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2d}]) \\ \dots \\ f([A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{nd}]) \end{bmatrix} \quad M_{OAL} = \begin{bmatrix} f([AL_{11}, AL_{12}, \dots, AL_{1d}]) \\ f([AL_{21}, AL_{22}, \dots, AL_{2d}]) \\ \dots \\ f([AL_{n1}, AL_{n2}, \dots, AL_{nd}]) \end{bmatrix} \quad (2)$$

There are five steps in ALO given as follows:

Random Walks (RW) of ants: Ants renew their positions with the RW at every step of optimization as presented in Eq (3).

$$X(t) = [0, \text{cumsum}(2r(t_1) - 1), \text{cumsum}(2r(t_2) - 1), \dots, \text{cumsum}(2r(t_n) - 1)] \quad x(t) = \pi r \quad (3)$$

Where *cumsum* stands for the cumulative sum, n is the maximum number of iteration, t shows the step of the RW which represents the iteration process, and $r(t)$ is for stochastic function described as Eq (4). In Eq (4), *rand* is a random number generated with uniform distribution in the interval of [0,1].

$$r(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } rand > 0.5 \\ 0 & \text{if } rand \leq 0.5 \end{cases} \quad (4)$$

The RW of ants are totally founded on the Eq. (4). Ants renew their positions with the RW at each progression of optimization. Since each search space has a limit or scope, regardless of how Eq. (4) can't be legitimately utilized for refreshing the situation of ants. So as to keep the arbitrary strolls inside the search space, they are standardized utilizing the accompanying (min-max standardization) equation given in Eq (5).

$$X_i^t = \frac{(X_i^t - a_i) \times (d_i - c_i^t)}{(d_i^t - a_i)} + c_i \quad (5)$$

Where a_i is the minimum of Random Walk of i^{th} variable, d_i is the maximum of Random Walk in i^{th} variable, c_i^t is the minimum of i^{th} variable at t^{th} iteration, and d_i^t indicates the maximum of i^{th} variable at t^{th} iteration.

Building trap: So as to display the ant lions' hunting ability, the roulette wheel is utilized. In every iteration, ants are presumed to be caught in just one chose ant lion. During the process of the optimization, a roulette wheel that gives high opportunities to the fitter ant lions is used for picking ant lions.

Sliding ants in the direction of ant lion: Until this point, ant lions can set up traps relative to their fitness and ants move randomly. Notwithstanding, ant lions shoot sands outwards the middle of the snare once they understand that an ant is in the net. This behavior slides down the ant that is attempting to get away. For scientifically demonstrating this behavior, the span of ants' RW hyper-circle is diminished adaptively as given in Eq (6) and (7).

$$c^t = \frac{C^t}{I} \quad (6)$$

$$d^t = \frac{d^t}{I} \quad (7)$$

Here I is a ratio, c^t is the minimum of all variables at t^{th} iteration, and d^t indicates the vector including the maximum of all variables at t^{th} iteration.

Catching prey and re-constructing the pit: In ALO, getting prey happens when ants fall into the trap then the ant lion pulls the ant inside the sand and eats it soon. After that, the ant lion upgrades its position according to Eq (8) to increase the chance of catching new prey.

$$Antlion_j^t = Ant_i^t \quad \text{if } (f(Ant_i^t) > f(Antlion_j^t)) \quad (8)$$

Where t shows the current iteration, $Antlion_j^t$ shows the position of selected j^{th} antlion at t^{th} iteration, and Ant_i^t indicates the position of i^{th} ant at t^{th} iteration.

Elitism: Elitism is a significant attribute of evolutionary algorithms that permits them to keep up the best solution(s) got at any phase of the iteration. In ALO, the best ant lion obtained in every iteration is maintained and considered as an elite. So, it is accepted that each ant randomly walks around a selected ant lion by the roulette wheel and the elite. The new positions of the ants are updated as given in Eq (9).

$$Ant_i^t = \frac{(R_A^t - R_E^t)}{2} \quad (9)$$

Where R_A^t is the random walk around the antlion selected by the roulette wheel at t^{th} iteration, R_E^t is the random walk around the elite at t^{th} iteration, and Ant_i^t indicates the position of i^{th} ant at t^{th} iteration.

4. Proposed Method

RG has three main problems as the selection of right seeds, the number of seeds, and the RG strategy and here, ALO was used to selection of right seeds problem. The ALO algorithm takes the total number of ants, ant lion and iterations as primary input parameters and provides the elite (best) seed solution as output. The flowchart in Fig.1 shows the segmentation steps of the suggested method.

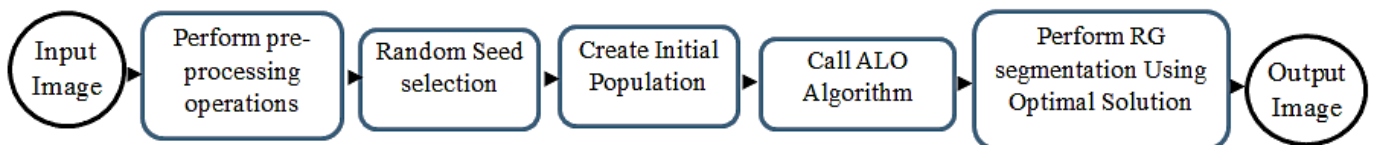


Fig 1. Steps of the proposed method

As seen in the Fig.1, the proposed method consists of five main steps. The first step is to apply preprocessing to input images. In the study, median filter was applied to the images as preprocessing for removing the noise. The second step is selection of random seed points. The selection of seed points is an important part of the RG because the algorithm's performance depends on the selection of the first seeds. Choosing the right seed points gives the better image segmentation results. At the beginning, RG starts with putting n numbers of initial seeds in the image to be segmented. Then, at each stage, adjacent pixels are added to these central seeds according to the addition criteria, and the regions grow. The random selection of initial seeds is selected reliant on the following three criteria:

- The seed pixel should have powerful correlation with its neighbors.

- For segment, at least one seed should be selected to create it.
- Seeds for various areas must be detached.

There is no global strategy utilized in choosing the initial seed points, it relies upon the nature of the issue. However, there are two significant strategies considered while choosing the initial seeds: First, if targets should be recognized utilizing infrared images, the most brilliant pixel (s) of the image(s) are chosen. Second, in situations where there is no prior information, the histogram is calculated and the gray level values relating to the strongest peaks are chosen as the initial seed points. In this study, the second option was used to choose the initial seed point. The histogram of the images was determined and the gray level values corresponding to the strongest peaks were considered as the first seed points.

After selection of the initial seeds, segments were formed by measuring the distance between seeds and neighboring pixels. In the study, the euclidean distance formula was used to measure the distance between seed point and its neighbor pixels. The euclidean distance among two points as p and q is described as the square root of the summation of the squares of the differences between the corresponding coordinates of the points. The 2D euclidean distance (ED) between 2 points (a_x, a_y) and (b_x, b_y) is formulated as in Eq (10).

$$d(a, b) = \sqrt{(b_x - a_x)^2 + (b_y - a_y)^2} \quad (10)$$

The third step in the algorithm is to create an initial population of ALO. In this step, it is created the first random population by specifying the number of searches agents, lower and upper bound variables. Search agents determine the number of antlions and ants. Thirty search agents were used in the study.

The fourth step is to apply ALO to optimize seeds to perform region growing segmentation. ALO takes the maximum iteration number, the number of search agents, and the upper and lower boundaries of the search area of the image pixels as inputs. While the maximum iteration number represents the number of loops, the number of search agents describes the numbers of ant lions and ants and the upper and lower boundaries of the search area of the image define the minimum and maximum limits of the image size. In this study, 10 maximum iterations and 30 search agents (antlion and ants) were used.

5. Result Analysis

The experimental result of the proposed approach is given in this section. The proposed algorithm was tested using the BSDS300 dataset [63]. This dataset contains 300 real images, 200 for training images, and 100 for test images. The size of these images is 481x321 or 321x481 pixels. In the study, MATLAB was used. The project was run on a computer with Intel (R) Core™ i3-2370m CPU @ 2.40GHZ processor and 4 GB RAM.

The results of this method are compared with the results of PSO segmented images given in [24]. The segmentation results proposed by Mirghasemi and his friends contains some limitations. Due to the noise in the images, some regions are not segmented effectively. The results of the method proposed by Mirghasemi et al are shown in Fig.2.

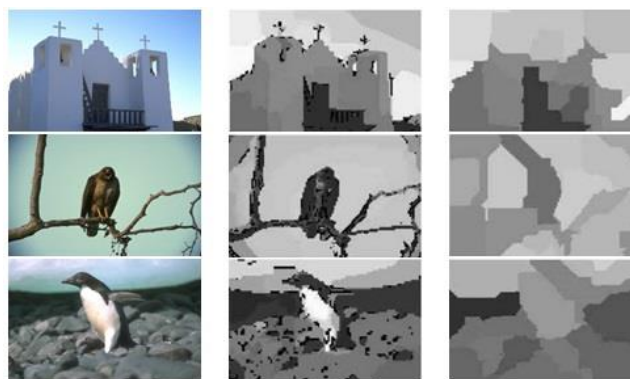


Fig 2. The example segmentation result from [24]

As seen in Fig.3, the results of the proposed model are moderately better than the outcome of the PSO-based multi-seed region growing strategy in the literature [24]. The proposed approach impeccably segmented the image by identifying and gathering pixels that share qualities, for example, shading, texture, or grayscale.



Fig 3. The example result of the proposed model using ALO

6. Conclusion

Image segmentation is a basic issue in image processing, pattern recognition (PR), and artificial intelligence (AI). The essential and significant key advance in computer vision innovation is image segmentation, which is likewise a significant piece of computer vision. Best image processing result is quite difficult without appropriate segmentation, so image segmentation is a significant image understanding method in various fields throughout everyday life and it is broadly utilized in numerous different areas. In this study, a new region-based image segmentation method has been introduced by using region growing based on Antlion Optimization (ALO). The ALO algorithm was utilized to optimize and choose correct seed pixels for region growing. Experimental results show that the suggested method gives good segmentation results.

References

1. Brice, C.R. and C.L. Fennema, *Scene analysis using regions*. Artificial intelligence, 1970. 1(3-4): p. 205-226.
2. Bhargavi, K. and S. Jyothi, *A survey on threshold based segmentation technique in image processing*. International Journal of Innovative Research and Development, 2014. 3(12): p. 234-239.
3. Chhabra, A., A. Gupta, and A. Victor, *Comparison of Image Segmentation Algorithms*. International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science, 2013. 2(3): p. 14-17.
4. Kumar, V., et al. *A study and comparison of different image segmentation algorithms*. in *2016 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication, & Automation (ICACCA)(Fall)*. 2016. IEEE.
5. Jaglan, P., R. Dass, and M. Duhan. *A comparative analysis of various image segmentation techniques*. in *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking*. 2019. Springer.
6. Merzougui, M. and A. El Allaoui, *Region growing segmentation optimized by evolutionary approach and Maximum Entropy*. Procedia Computer Science, 2019. 151: p. 1046-1051.
7. Jeevakala, S. and R. Rangasami, *A novel segmentation of cochlear nerve using region growing algorithm*. Biomedical Signal Processing and Control, 2018. 39: p. 117-129.
8. Reddy, A.S. and P.C. Reddy. *Novel Algorithm based on Region Growing Method for Better Image Segmentation*. in *2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*. 2018. IEEE.
9. Chondro, P., et al., *Low order adaptive region growing for lung segmentation on plain chest radiographs*. Neurocomputing, 2018. 275: p. 1002-1011.
10. Charifi, R., et al. *Comparative Study of Color Image Segmentation by the Seeded Region Growing Algorithm*. in *2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology (CiSt)*. 2018. IEEE.
11. Punitha, S., A. Amuthan, and K.S. Joseph, *Benign and malignant breast cancer segmentation using optimized region growing technique*. Future Computing and Informatics Journal, 2018. 3(2): p. 348-358.
12. Bruntha, P.M. and M. Kanimozhi. *Application Of Selective Region Growing Algorithm In Lung Nodule Segmentation*. in *2018 4th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*. 2018. IEEE.
13. Baghi, A. and A. Karami. *SAR image segmentation using region growing and spectral cluster*. in *2017 3rd International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IPRIA)*. 2017. IEEE.
14. Duman, E. and O.A. Erdem. *A new image denoising method based on region growing segmentation*. in *2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. 2017. IEEE.
15. Malarvel, M., et al. *Region growing based segmentation with automatic seed selection using threshold techniques on X-radiography images*. in *2016 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC)*. 2016. IEEE.
16. Happ, P.N., et al. *Towards distributed region growing image segmentation based on MapReduce*. in *2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 2015. IEEE.
17. Zhongming, L. and W. Jun. *The image segmentation algorithm of region growing and wavelet transform modulus maximum*. in *2015 Fifth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC)*. 2015. IEEE.
18. Elmorsy, S.A., et al. *K3. A region growing liver segmentation method with advanced morphological enhancement*. in *2015 32nd National Radio Science Conference (NRSC)*. 2015. IEEE.
19. Singh, A.K. and B. Gupta, *A novel approach for breast cancer detection and segmentation in a mammogram*. Procedia Computer Science, 2015. 54: p. 676-682.
20. Li, X., et al. *A new region growing-based segmentation method for high resolution remote sensing imagery*. in *2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 2015. IEEE.

21. Wu, J. and H. Guo, *A method for sonar image segmentation based on combination of MRF and region growing*. in *2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies*. 2015. IEEE.
22. Zhang, X., X. Li, and Y. Feng, *A medical image segmentation algorithm based on bi-directional region growing*. *Optik*, 2015. 126(20): p. 2398-2404.
23. Lu, X., et al., *The study and application of the improved region growing algorithm for liver segmentation*. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 2014. 125(9): p. 2142-2147.
24. Mirghasemi, S., R. Rayudu, and M. Zhang, *A new image segmentation algorithm based on modified seeded region growing and particle swarm optimization*. in *2013 28th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2013)*. 2013. IEEE.
25. Neri, F. and C. Cotta, *Memetic algorithms and memetic computing optimization: A literature review*. *Swarm and Evolutionary Computation*, 2012. 2: p. 1-14.
26. Talbi, E.-G., *Metaheuristics: from design to implementation*. Vol. 74. 2009: John Wiley & Sons.
27. Mitchell, M., *Genetic algorithms: An overview*. *Complexity*, 1995. 1(1): p. 31-39.
28. Aarts, E., J. Korst, and W. Michiels, *Simulated annealing*, in *Search methodologies*. 2005, Springer. p. 187-210.
29. Qin, A.K., V.L. Huang, and P.N. Suganthan, *Differential evolution algorithm with strategy adaptation for global numerical optimization*. *IEEE transactions on Evolutionary Computation*, 2008. 13(2): p. 398-417.
30. Dorigo, M. and T. Stützle, *The ant colony optimization metaheuristic: Algorithms, applications, and advances*, in *Handbook of metaheuristics*. 2003, Springer. p. 250-285.
31. Dorigo, M. and M. Birattari, *Ant colony optimization*. 2010: Springer.
32. Dorigo, M. and C. Blum, *Ant colony optimization theory: A survey*. *Theoretical computer science*, 2005. 344(2-3): p. 243-278.
33. Eberhart, R. and J. Kennedy, *A new optimizer using particle swarm theory*. in *MHS'95. Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*. 1995. Ieee.
34. Mahdavi, M., M. Fesanghary, and E. Damangir, *An improved harmony search algorithm for solving optimization problems*. *Applied mathematics and computation*, 2007. 188(2): p. 1567-1579.
35. Lee, K.S. and Z.W. Geem, *A new structural optimization method based on the harmony search algorithm*. *Computers & structures*, 2004. 82(9-10): p. 781-798.
36. Yang, X.-S., *A new metaheuristic bat-inspired algorithm*, in *Nature inspired cooperative strategies for optimization (NICSO 2010)*. 2010, Springer. p. 65-74.
37. Back, T., *Evolutionary algorithms in theory and practice: evolution strategies, evolutionary programming, genetic algorithms*. 1996: Oxford university press.
38. Mirjalili, S., S.M. Mirjalili, and A. Lewis, *Grey wolf optimizer*. *Advances in engineering software*, 2014. 69: p. 46-61.
39. Karaboga, D. and B. Basturk, *A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm*. *Journal of global optimization*, 2007. 39(3): p. 459-471.
40. Rajinikanth, V. and M. Couceiro, *RGB histogram based color image segmentation using firefly algorithm*. *Procedia Computer Science*, 2015. 46: p. 1449-1457.
41. Gandomi, A.H., X.-S. Yang, and A.H. Alavi, *Cuckoo search algorithm: a metaheuristic approach to solve structural optimization problems*. *Engineering with computers*, 2013. 29(1): p. 17-35.
42. Rashedi, E., H. Nezamabadi-Pour, and S. Saryazdi, *GSA: a gravitational search algorithm*. *Information sciences*, 2009. 179(13): p. 2232-2248.
43. Rajabioun, R., *Cuckoo optimization algorithm*. *Applied soft computing*, 2011. 11(8): p. 5508-5518.
44. Kaveh, A. and S. Talatahari, *A novel heuristic optimization method: charged system search*. *Acta Mechanica*, 2010. 213(3-4): p. 267-289.
45. Kaveh, A. and M. Khayatad, *A new meta-heuristic method: ray optimization*. *Computers & structures*, 2012. 112: p. 283-294.
46. Kaveh, A. and V. Mahdavi, *Colliding bodies optimization: a novel meta-heuristic method*. *Computers & Structures*, 2014. 139: p. 18-27.
47. Neshat, M., G. Sepidnam, and M. Sargolzaei, *Swallow swarm optimization algorithm: a new method to optimization*. *Neural Computing and Applications*, 2013. 23(2): p. 429-454.
48. Kaveh, A. and A. Zolghadr, *Democratic PSO for truss layout and size optimization with frequency constraints*. *Computers & Structures*, 2014. 130: p. 10-21.
49. Kaveh, A. and N. Farhoudi, *A new optimization method: Dolphin echolocation*. *Advances in Engineering Software*, 2013. 59: p. 53-70.
50. Liu, B., et al., *Improved particle swarm optimization combined with chaos*. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2005. 25(5): p. 1261-1271.
51. Mirjalili, S. and A. Lewis, *The whale optimization algorithm*. *Advances in engineering software*, 2016. 95: p. 51-67.
52. Mirjalili, S., *The ant lion optimizer*. *Advances in Engineering Software*, 2015. 83: p. 80-98.
53. Sharma, A. and S. Sehgal, *Image segmentation using firefly algorithm*. in *2016 International Conference on Information Technology (InCITE)-The Next Generation IT Summit on the Theme-Internet of Things: Connect your Worlds*. 2016. IEEE.
54. Zanuty, E.A. and A.S. Ghiduk, *A novel approach based on genetic algorithms and region growing for magnetic resonance image (MRI) segmentation*. *Comput. Sci. Inf. Syst.*, 2013. 10(3): p. 1319-1342.
55. Sağ, T. and M. Çunkaş, *Color image segmentation based on multiobjective artificial bee colony optimization*. *Applied soft computing*, 2015. 34: p. 389-401.
56. Mostafa, A., et al. *Antlion optimization based segmentation for MRI liver images*. in *International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*. 2016. Springer.
57. Li, L., et al., *Modified discrete grey wolf optimizer algorithm for multilevel image thresholding*. *Computational intelligence and neuroscience*, 2017. 2017.
58. Koc, I., O.K. Baykan, and I. Babaoglu, *Gri kurt optimizasyon algoritmasına dayanan çok seviyeli imge eşik seçimi*. *Politeknik Dergisi*. 21(4): p. 841-847.
59. Mao, X., et al. *Color image segmentation method based on region growing and ant colony clustering*. in *2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems*. 2009. IEEE.



Diagnosis of Glaucoma Disease by Analyzing the Visual Field with Deep Learning

Mohammed Hussein Ibrahim ^{1*}, Mehmet Hacıbeyoğlu ²

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6093-6105)

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1830-8516)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.812565)

ATIF/REFERENCE: Ibrahim, M. H. & Hacıbeyoğlu, M. (2020). Diagnosis of Glaucoma Disease by Analyzing the Visual Field with Deep Learning. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 412-416.

Abstract

Glaucoma, commonly known as eye pressure or blackwater, is an important health problem caused by increased intraocular pressure and can cause vision loss. In general, eye pressure, the most common cause of blindness in people over the age of 60, occurs with the accumulation of fluid in the anterior part of the eye. In addition to eye pressure, glaucoma disease may appear when problems occur in the visual field. In patients, glaucoma disease can be diagnosed by analyzing the visual field. The analysis process can be performed very precisely by image processing methods and image processing methods can extract important features from the image. The features extracted from the image are used for training the deep learning algorithm. Deep learning algorithms have not lost their use value in various fields such as engineering, banking, and agriculture. Moreover, Deep learning algorithms are used in the medical field for diagnosing many diseases. In this study, glaucoma disease is diagnosed by the proposed deep learning algorithm. Firstly, the visual field of the eye is analyzed by the mean absolute deviation method, and then a glaucoma diagnosis decision system is formed by the deep learning algorithm is trained with the visual field image, which is analyzed. The learning of the proposed deep learning algorithm has been performed by analyzing 337 visual field image. In the experimental results, the classification criteria Sensitivity, Specificity, Precision, Accuracy, F1 Score, and False Positive Rate has been obtained by 10-fold cross-validation. As a result, the proposed deep learning algorithm based glaucoma diagnosis decision system designed has successfully diagnosed glaucoma disease by analyzing the visual field image.

Keywords: Deep learning, Diagnose, Glaucoma, Visual field

Derin Öğrenme ile Görme Alanının Analiz Ederek Glokom Hastalığının Teşhisi

Öz

Genellikle göz tansiyonu veya karasu olarak bilinen glokom, göz içi basıncının artmasının neden olduğu önemli bir sağlık sorunudur ve görme kaybına neden olabilir. Genel olarak, 60 yaş üstü kişilerde en sık görülen körlük nedeni olan göz tansiyonu, gözün ön kısmında sıvı birikmesi ile oluşur. Göz tansiyonuna ek olarak görme alanında problemler oluştuğunda glokom hastalığı ortaya çıkabilir. Hastalarda görme alanı analiz edilerek glokom hastalığı teşhis edilebilir. Analiz işlemi, görüntü işleme yöntemleri ile çok hassas bir şekilde gerçekleştirilebilir ve görüntü işleme yöntemleri, görüntüden önemli özellikleri çıkarabilir. Görüntüden çıkarılan özellikler, derin öğrenme algoritmasının eğitilmesi için kullanılır. Derin öğrenme algoritmaları mühendislik, bankacılık ve tarım gibi çeşitli alanlarda kullanım değerini kaybetmemiştir. Ayrıca tıp alanında birçok hastalığın teşhisinde derin öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Bu

* Corresponding Author: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6093-6105, mibrahim@erbakan.edu.tr

çalışmada, glokom hastalığı, önerilen derin öğrenme algoritması ile teşhis edilmektedir. Öncelikle, gözün görme alanı ortalama mutlak sapma yöntemi ile analiz edilir, ardından analiz edilen görsel alan görüntüsü ile derin öğrenme algoritması eğitilerek glokom tanı karar sistemi oluşturulur. Önerilen derin öğrenme algoritmasının öğrenilmesi 337 görsel alan görüntüsü analiz edilerek gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlarda, Duyarlılık, Özgünlük, Kesinlik, Doğruluk, F1 Score ve Yanlış Pozitif Oran sınıflandırma kriterleri, 10 kat çapraz doğrulama ile elde edilmiştir. Sonuç olarak tasarlanan derin öğrenme algoritması tabanlı glokom tanı karar sistemi, görsel alan görüntüsünü analiz ederek glokom hastalığının başarılı bir şekilde teşhis edilmesini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Derin öğrenme, Glokom, Görme alanı, Teşhis.

1. Introduction

In recent years, various studies have been carried out on the availability of some new and helpful classifiers, decision support systems and decision-making tools in the diagnosis of diseases. Glaucoma is a common eye disease that affects millions of people. In the glaucoma disease, the fluid pressure in the eye may rise to levels that can damage the eye nerve. Glaucoma is especially at risk for people over 40 years of age and a cause loss of vision if it remains without treatment. Studies on classification, prediction, and diagnostic algorithms are increasing and these algorithms are used in various fields such as engineering [1], banking [2] and medicine [3]. In the diagnosis of the glaucoma disease, doctors make decisions based on their knowledge, experience, visual field testing, and the laboratory results. However, the decisions of doctors may be misdiagnosed and many decision support systems or artificial intelligence based medical diagnosis systems can be used to overcome this problem. Visual field testing is an important factor in the glaucoma diagnosis because it provides a direct measure of the underlying visual function of the treatment. In the literature, many studies have been proposed to diagnose glaucoma disease based on artificial intelligence classification algorithms. Henson et al. proposed an artificial neural network (ANN) based method to perform visual field analysis using the Kohonen self-organising feature map for glaucoma diagnosis. According to the experimental results, visual field defects may be classified by the ANN-based method and may be used to assist clinical assessment [4]. Belghith et al. proposed the usage of kernel-based support vector data description (SVDD) classifier approach to diagnosing the glaucoma disease. The proposed SVDD classifier has provided high specificity between normal and non-progressing eyes [5]. Sacchi et al. designed a class balancing technique to balance the glaucoma disease dataset and classified this dataset with the naïve bayes (NB) classification algorithm. The results showed that the classification model was not adversely affected by the inclusion of less reliable tests in the training process [6]. Huang et al. developed an automated classifier based on adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) to differentiate between normal and glaucomatous eyes. They obtained retinal nerve fiber layer thickness and optic nerve head topography measurements from the data reports of the Stratus optical coherence tomography. They used the orthogonal array for feature extraction and they trained ANFIS by the back-propagation gradient descent method. In this decision-making mechanism, first, the feature extraction was applied using the orthogonal array then the eye is classified as glaucomatous or normal by the adaptive neuro-fuzzy inference system which is trained by the back-propagation gradient method. According to the experimental results, they increased the receiver operative characteristic area with ANFIS method [7]. Diagnostic glaucoma systems use the optical coherence tomography, scanning laser polarimetry (SLP), and heidelberg retina tomography (HRT) scanning methods which are expensive. Mookiah et al. proposed a novel low-cost automated glaucoma disease diagnostic system using digital fundus images and a novel integrated index which is called glaucoma risk index (GRI). The proposed glaucoma disease diagnostic system used a support vector machine (SVM) data mining classification algorithm. According to the experimental results, the proposed glaucoma disease diagnostic system was able to identify glaucoma and normal images automatically with a 95% accuracy, 93.33% sensitivity and 96.67% specificity [8]. Liu et al. offered an automatic fundus image-based cup-to-disk ratio measurement system which provides strong support for using the fundus image as a modality for automatic glaucoma recognition [9]. Jagadish et al. provided a new method for glaucoma detection using digital fundus images in their work. Digital image processing techniques such as pre-processing, morphological processing and thresholding are widely used for optical disinfection, automatic detection of blood vessels and calculation of properties. The experimental results indicated that the features are clinically significant in the detection of glaucoma and the system is able to classify glaucoma automatically with a 100% sensitivity and 80% specificity [10].

The paper is organized as follows: In section 2, the material and method are used in the glaucoma diagnosis decision system are explained. The proposed glaucoma diagnosis decision system for diagnosing glaucoma diseases is explained in section 3. The results of the proposed glaucoma diagnosis decision system are demonstrated and discussed in section 4. The conclusion of the study is given in section 5.

2. Material and Method

2.1. Diagnosing Glaucoma Disease

In this study, we proposed a decision system for diagnosing glaucoma disease by analyzing the visual field that depended on deep learning and image processing algorithms. In image processing phase the image of the visual field has been converted to numerical data and these numerical data has been used to learning the deep learning algorithm. The deep learning and image processing algorithms are detailed in subsection 2.1.1 and 2.1.2.

2.1.1. Deep Learning

Deep learning is a common technique of supervised machine learning [11]. Moreover, is used in many various recognition and diagnosis applications. In supervised learning, deep learning algorithms learn to predict values from the training dataset. Deep learning algorithms can be helped us to classification objects. After the learning phase, the deep learning algorithms can be made inferences from the input data that is not labeled. The major challenges that come with traditional machine learning models is feature extraction. The

features of objects to be looked out forgiven to the learning algorithms by the users. And these specific features help the learning algorithms to make decisions. The deep learning structure is consists of at least three layers, input layer, hidden layers, and an output layer, the deep learning structure is given in Figure 1 [12].

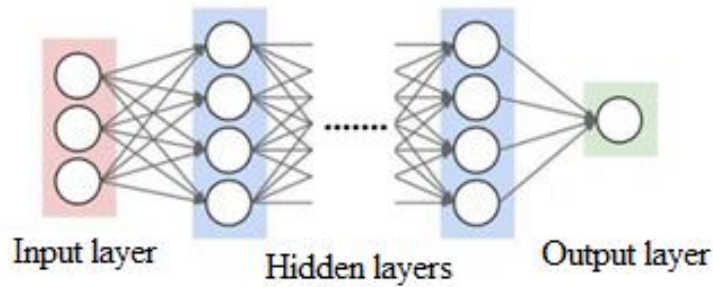


Figure 1. The deep learning structure

2.1.2. Image Processing

In this stage, we analysed the visual field images by the mean absolute deviation method is given in Equation 1 [13].

$$F = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N |a(x, y) - m| \right)$$

1

In Equation 1, N is the number of pixels in the image and m is the average of all pixel values in the image. a(x, y) is the pixel value at point (x, y) [14]. In the analysing phase, we convert the image of the visual field to the numerical value. The normal and abnormal visual field image is given in Figure 2 [15].

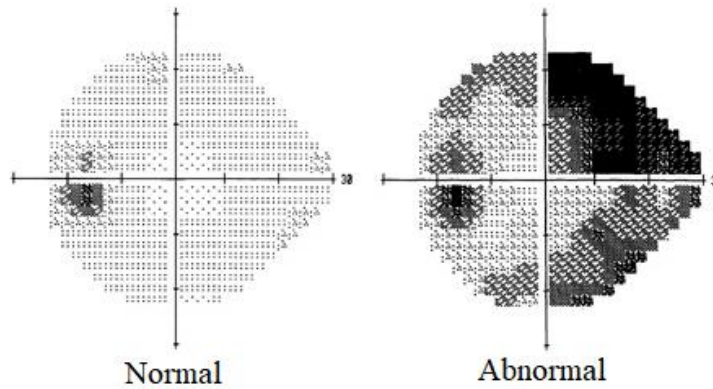


Figure 2. The normal and abnormal visual field image

3. The Proposed Deep Learning

In this section, the proposed glaucoma diagnosis decision system for diagnosing glaucoma diseases is explained. The proposed glaucoma diagnosis decision system consists of an image processing feature extracting and deep learning algorithm. The proposed glaucoma diagnosis decision system for diagnosing glaucoma diseases is given in Figure 3.

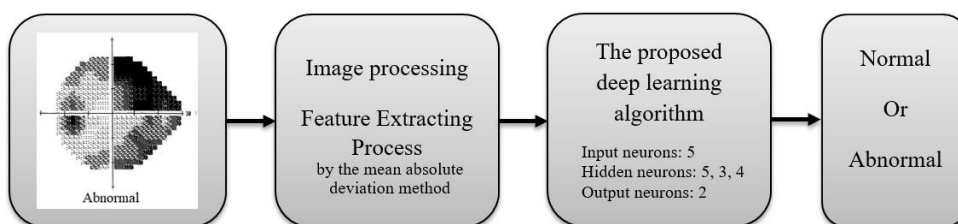


Figure 3. The normal and abnormal visual field image

As shown in Figure 3, the proposed glaucoma diagnosis decision system, firstly, the visual field image feature is extracted by the mean absolute deviation method. The trained proposed deep learning algorithm makes a decision as normal or abnormal by analyzing the visual field image.

4. Results and Discussion

4.1. Results

In this section, the results obtained from the proposed deep learning algorithm for diagnosing glaucoma disease has been given. The proposed deep learning algorithm was written in visual studio C# and applied on the windows 10. The over view of the proposed deep learning algorithm program is given in Figure 4.

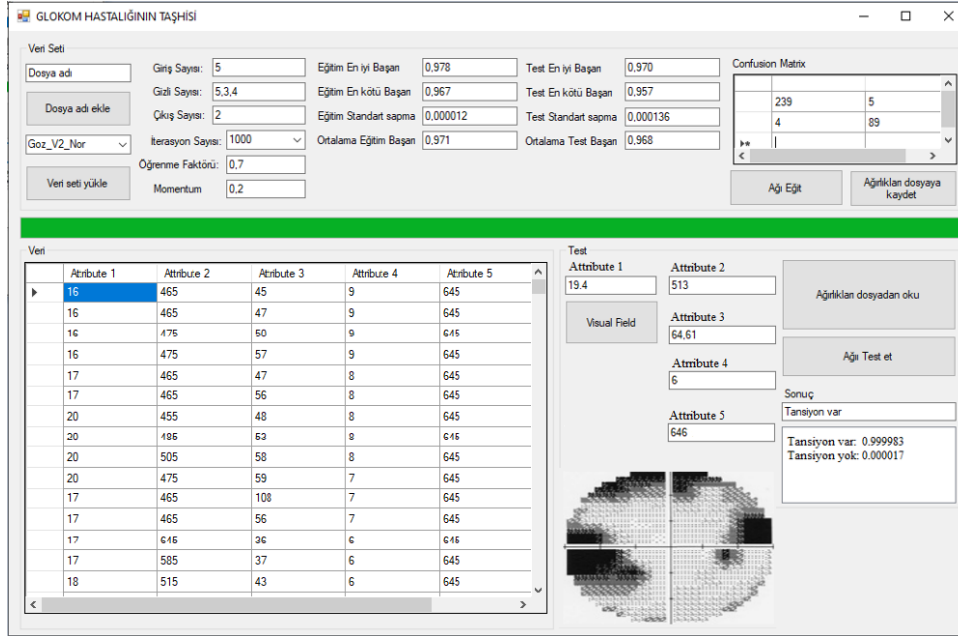


Figure 4. The over view of the proposed deep learning algorithm program

As shown in Figure 4, the training of the proposed deep learning algorithm has been performed well. The classification criteria Sensitivity (Sen), Specificity (Spe), Precision (Pre), Accuracy (Acc), F1 Score, and False Positive Rate (FPR) has been obtained by 10-fold cross-validation. The results obtained from the proposed deep learning algorithm for training and testing phase is given in Table 1 and 2, respectively.

Table 1. The Results of Training Phase

Phase	Best accuracy	Worst accuracy	Average accuracy	Standard division
Training	0.98	0.97	0.97	0.01

Table 2. The Results of Testing Phase

Phase	Sen	Spe	Pre	Acc	F1 Score	FPR
Testing	0.98	0.95	0.98	0.97	0.98	0.05

4.2. Discussion

In this section, the results obtained from the proposed deep learning algorithm for diagnosing glaucoma disease has been given. When we analysed the Table 1 and 2, the proposed deep learning algorithm for diagnosing glaucoma disease has performed the training phase with 0.97 % training accuracy. The SSE value is a very important factor in the training deep learning algorithms, in the training phase, SSE value must decrease regularly. As seen in Figure 5, the proposed deep learning algorithm for diagnosing glaucoma diseases performed this task very well.

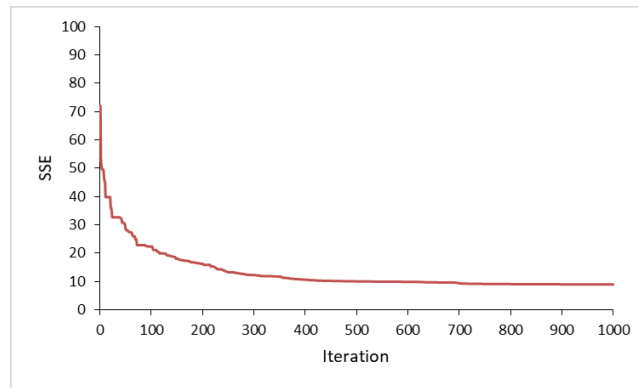


Figure 5. Training SSE results

The performance of the deep learning algorithm testing phase depends on the training phase and the proposed method is trained very well. As seen in table 2, in the test phase the proposed deep learning algorithm has obtained 0.98, 0.95, 0.98, 0.97, 0.98, and 0.05 values in Sen, Spe, Pre, Acc, F1 Score, and FPR, respectively. These promising results demonstrate that the proposed deep learning algorithm can be used in several prediction problems.

5. Conclusions and Recommendations

Glaucoma is a very hazardous disease, to prevent hazard of glaucoma we must diagnose glaucoma disease early. There are a several method has been proposed by the researchers for diagnosing the glaucoma disease in the literature. In this study, we proposed deep learning algorithm for diagnosing glaucoma disease, the proposed deep learning algorithm diagnose the glaucoma by analysing the visual field image. According to the experimental results, the proposed deep learning algorithm has diagnosed the glaucoma disease very well.

References

- [1] Mi, Q., Keung, J., Xiao, Y., Mensah, S., & Gao, Y. (2018). Improving code readability classification using convolutional neural networks. *Information and Software Technology*, 104, 60-71.
- [2] de Sá, A. G., Pereira, A. C., & Pappa, G. L. (2018). A customized classification algorithm for credit card fraud detection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 72, 21-29.
- [3] Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Skin Lesion Segmentation with Improved Convolutional Neural Network. *Journal of digital imaging*.
- [4] Henson, D. B., Spenceley, S. E., & Bull, D. R. (1997). Artificial neural network analysis of noisy visual field data in glaucoma. *Artificial Intelligence in Medicine*, 10(2), 99-113.
- [5] Belghith, A., Bowd, C., Medeiros, F. A., Balasubramanian, M., Weinreb, R. N., & Zangwill, L. M. (2015). Learning from healthy and stable eyes: a new approach for detection of glaucomatous progression. *Artificial intelligence in medicine*, 64(2), 105-115.
- [6] Sacchi, L., Tucker, A., Counsell, S., Garway-Heath, D., & Swift, S. (2014). Improving predictive models of glaucoma severity by incorporating quality indicators. *Artificial intelligence in medicine*, 60(2), 103-112.
- [7] Huang, M. L., Chen, H. Y., & Huang, J. J. (2007). Glaucoma detection using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 458-468.
- [8] Mookiah, M. R. K., Acharya, U. R., Lim, C. M., Petznick, A., & Suri, J. S. (2012). Data mining technique for automated diagnosis of glaucoma using higher order spectra and wavelet energy features. *Knowledge-Based Systems*, 33, 73-82.
- [9] Liu, J., Yin, F. S., Wong, D. W. K., Zhang, Z., Tan, N. M., Cheung, C. Y., ... & Wong, T. Y. (2011). Automatic glaucoma diagnosis from fundus image. In *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 3383-3386). IEEE.
- [10] Nayak, J., Acharya, R., Bhat, P. S., Shetty, N., & Lim, T. C. (2009). Automated diagnosis of glaucoma using digital fundus images. *Journal of medical systems*, 33(5), 337.
- [11] Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Gastrointestinal tract classification using improved LSTM based CNN. *Multimedia Tools and Applications*, 1-16.
- [12] Arulkumaran, K., Deisenroth, M. P., Brundage, M., & Bharath, A. A. (2017). Deep reinforcement learning: A brief survey. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 26-38.
- [13] Konno, H., & Koshizuka, T. (2005). Mean-absolute deviation model. *Iie Transactions*, 37(10), 893-900.
- [14] Paul, S. K. (2011). Determination of exponential smoothing constant to minimize mean square error and mean absolute deviation. *Global journal of research in engineering*, 11(3).
- [15] Klistorner, A. I., Graham, S. L., Grigg, J. R., & Billson, F. A. (1998). Multifocal topographic visual evoked potential: improving objective detection of local visual field defects. *Investigative ophthalmology & visual science*, 39(6), 937-950.



İki endemik *rhaponticoides* türünün (*R. aytachu*, *R. iconiensis*) üzerine biyokimyasal çalışmalar

Yashar Akbar Hameed Hameed^{1*}, Yavuz Bağcı²

¹ Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kampüs Konya-42250

² Selçuk Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kampüs Konya-42250

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.812730)

ATIF/REFERENCE: Hameed Hameed, Y. A. & Bağcı, Y. (2020). İki endemik *rhaponticoides* türünün (*R. aytachu*, *R. iconiensis*) üzerine biyokimyasal çalışmalar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 417-422.

Öz

Bu çalışmada Türkiye'nin değişik (Konya-Seydişehir, Karaman-Sarveliler, Antalya-İbradi) Bölgelerinden toplanan iki endemik *Rhaponticoides* türünün (*Rhaponticoides aytachii*, *Rhaponticoides iconiensis*) Antioksidan, Total Fenol ve Flavonoid Miktarlarının Belirlenmesi amaçlanmıştır. Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde DPPH yöntemi kullanılmıştır, yapılan analizlere göre ortalama % DPPH Serbest Radikal Süpürücü etki *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (% 26.75) ve *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (% 12.05) tespit edilmiştir. Toplam fenol miktarını tayin etmek için Singleton ve Rossi'nin (1965) modifiye ettiği Folin-Ciocalteau yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analizlere göre ortalama total fenol *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (26,56 mgGAE/g) tespit edilmişken, *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (18,70 mgGAE/g) izlemiştir. Toplam flavonoid miktarını tayin etmek için Woisky ve Salatino'nun (1998) geliştirdiği alüminyum klorür (AlCl₃) kolorimetrik yöntemi uygulanmıştır. Yapılan analizlere göre ortalama flavonoid miktarları *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (11,12 mgKE/g) tespit edilmişken, *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (9,32 mgKE/g) izlemiştir. **Anahtar Kelimeler** – Antioksidan, Endemik, Fenolik bileşikler, Flavonoidler, *Rhaponticoides*.

Biochemical Studies on Two Endemic *Rhaponticoids* Species *R. Aytachii** and *R. Iconians*

Abstract

In this study two endemic *Rhaponticoides* species (*Rhaponticoides aytachii*, *Rhaponticoides iconiensis*) that were collected from different part and regions of Turkey (Konya-Seydişehir, Karaman-Sarveliler, Antalya-İbradi) are examined for the purpose of maintaining the amount of Flavonoid, Total phenol and Antioxidant on whole, DPPH procedure is used for determining the Antioxidant activity. According to the analysis, the percentage of DPPH was detected in *Rhaponticoides iconiensis* plant at (26.75%) and *Rhaponticoides aytachii* at (12.05%). Folin-Ciocalteau Technique that has modified by Singleton and Rossi in 1965 is used to specify Total phenol amount, with reference to the analyzes wich were made; average total phenol was observed in *Rhaponticoides aytachii* plant at (26.56 mgGAE / g) and *Rhaponticoides iconiensis* plant at (18.70 mgGAE / g). Aluminum chloride (ALC13) colorimetric method that was improved by Woisky and Salatino in 1988 is applied to bring into open the total Flavonoid rate. According to the analysis, the average amount of flavonoids was determined in *Rhaponticoides iconiensis* plant at (11.12 mgKE / g) and *Rhaponticoides aytachii* plant at (9.32 mgKE / g).

Keywords: Antioxidant, Endemic, Flavonoid contents, Total Phenol, *Rhaponticoides*.

1. Giriş

Bitkiler, insanların hem temel gıda kaynakları hem de ilk dermanlarıdır ve yüzyıllardan beri sağaltım amacıyla kullanılmaktadır (Ceylan, 1995). Tedavi ve gıda amacıyla kullanılan bitkiler ile ilgili ilk yazılı kayıt Eski Mısır'da yapılan kazılarda bulunmuştur (Başoğlu, 1982). Mezopotamya uygarlığında tedavi amacıyla kullanılan bitkilerin sayısı 250-300 civarı iken, bu sayı ortaçağda 400'e, 19. yüzyılda bu sayı yaklaşık 13000 civarına ulaşmıştır (Baytop 1999). 20. yüzyılda Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yaptığı çalışmada tedavi amacıyla kullanılan tıbbi bitkilerin sayısının yaklaşık 20000 civarına ulaştığı belirtilmektedir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2013). Bilindiği gibi organizmada bu serbest radikalleri etkisiz hale getirebilecek çeşitli koruyucu mekanizmalar mevcuttur. Bu mekanizmalar düzenli bir şekilde çalışmadığı durumda besinsel kaynaklı antioksidanların alımı büyük önem kazanmaktadır. Bitkiler serbest radikal yakalayan ve bu şekilde serbest radikalleri etkisiz hale getiren azotlu bileşikler, vitaminler, fenolik bileşikler, terpenler ve bazı iç metabolitler gibi kuvvetli antioksidan aktiviteye sahip çeşitli bileşikleri ihtiva eder (Velioglu ve ark., 1998). Türkiye de yaklaşık 9000 farklı doğal bitki türü bulunmaktadır ve bu bitkilerin % 30'u endemiktir. Bu kadar endemik bitki olmasına rağmen bu bitki zenginliğinden yeterince faydalanılmamaktadır (Güner ve ark., 2012). Tüm canlı organizmaların serbest radikallerin etkisinden

korunmaları için antioksidatif korunma sistemine sahip oldukları bilinmektedir (Bilaloğlu ve Harmandar, 1999). *Rhaponticoides* cinsi Asteraceae familyasına aittir, daha önce *Centaurea* cinsine giren ve *Centaurea* cinsini dört farklı cinse bölünmesi sonucu, ayrı bir cins olarak ayrılmıştır. *Rhaponticoides* cinsinin yer aldığı Carduae oymağı 73 cins, 2360 tür içermektedir. Geleneksel olarak bu oymak 4 alt oymağa ayrılır. Bunlar *Carduinae*, *Carlinae*, *Centaureinae*, *Echinopsinae*'dir. *Carduinae* ve *Centaureinae* yapısal olarak en yüksek farklılaşmaya sahip alt oymaklar olarak bilinmektedir (Kubitzki, 2007). Son zamanlarda yayınlanan yeni tür olan *R. gokceoglu* ile birlikte Türkiye'deki *Rhaponticoides* takson sayısı 8'ze çıkmıştır. *Rhaponticoides* cinsi türkiyede yüksek bir endemizm oranına sahiptir. Bunlar: *Rhaponticoides mykalea* (Hub.-Mor.) M. V. Agab. & Greuter, *Rhaponticoides iconiensis* (Hub.-Mor.) M. V. Agab. & Greuter, *Rhaponticoides amplifolia* (Boiss. & Heldr.) M. V. Agab. & Greuter, *Rhaponticoides phytia* (Azn. & Bornmüller) M. V. Agab. & Greuter, *Rhaponticoides amasiensis* (Wagenitz) M. V. Agab. & Greuter, *Rhaponticoides hierroi* Ö. Eren sp. nova, *Rhaponticoides aytachii* (Y. Bağcı, Doğu ve Dinç) ve *Rhaponticoides gokceoglu* (Çinbilgel ve ark., 2014).

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki Materyalleri

Bu çalışmada kullanılan bitkiler, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan (Konya-Seydişehir, Karaman-Sarıveliler, Antalya-İbradi) iki endemik *Rhaponticoides* türünden (*R. aytachii*, *R. iconiensis*) oluşmaktadır. Bu bitkilere ait örnekler, Mayıs-Ağustos, Eylül aylarında yayılış gösterdiği yerlerden taze olarak toplanıp, morfolojik çalışma yapılacak bitki örnekleri herbaryum örneği olabilecek şekilde hazırlanarak ve arazide gözlenebilen özellikleri deftere kaydedilmiştir. Ayrıca bitkinin arazide digital fotoğraf makinesi ile fotoğrafları çekilmiştir.

2.1.1. *Rhaponticoides aytachii* türünün deskripsiyonu

2 m'ye kadar uzayabilen tabanda odunsu rizomlu bitkiler. Gövde dik, 4-9 mm genişliğinde, sulkat, tabanda ve alt kısımda ağıs tüylü, genellikle üsten nadiren altdan narince korimboz dallanmış ve çok sayıda kapitulalı. Yapraklar tabanda yoğunlaşmış, pinnatisekt, taban yapraklarının rakhisleri zayıf zigzagsı, güçlü petiyolat. Yapraklar derimsi, seyrek ağıs tüylü belirgin orta ve yan damarlı, ovat-oblong, marjin sık düzensiz testere dişli, tüysüz, 3-10 çift lateral yaprakçıklı, lateral yaprakçıklar ovat-oblong veya oblong-eliptik, tabanda asimetrik, rakhis boyunca kulakçıklı, terminal yaprakçık lateraldekilere kıyasla daha geniş, üste doğru dereceli olarak yapraklar oldukça indirgenmiş, altdakilere benzer. İnvolukrum 1.2-2.5 x 1.5-1.8 cm, dar ovoidoblong, tüysüz, tabanda attenuet. Fillariler 6-7 seri, belirgin zayıf kıkırdaksı apendajlı, boyuna belirsiz koyu yeşil çizgili, marjinlerde kıkırdaksı, dış fillariler ovoid to orbicular 2.5-6x 3-5.5 mm, orta fillariler oblong 10-14x 5.5-6 mm, iç fillariler linearoblong, 13-15x 3-5 mm. Apendaj büyük, hafifçe reflexed, patent, kısmen fillarilerin tabanını örter, semiorbicular, transparan krem border'a sahip, border tabanda boyuna kremi kahverengi çizgili, apeksde siyahımsı, marjinlerde düzensiz 1-2.5 mm dişli. Çiçekler 2-3 cm, pembe, boyuna belirgin morumsu damarlı, marjindeki çiçekler hafifçe radiant, çiçek tüpü 2.0-2.3 cm, çiçek lobu 0.7-1 cm, lobun her parçası linear filiform, staminodlu, staminod filiform 10-16 mm, stilus narin ve anther tüpünden genellikle fırlamış, anter tübü krem. Aken açılı basık, oblong, 7.5-8.5 x 3-4 mm, kahverengi, boyuna siyahımsı çizgili, hilum krem. Pappus scabroz, dış seri çok sıralı 7.0-8.5 mm, iç seri tek sıralı ve daha geniş kılçıklı 1.5-2 mm. Çiçeklenme Mayıs-Haziran, Meyve Temmuz-Ağustos. Kalkerli taşlık yamaçlarda Meşelik açıklıklarında 1000-1050 m'de yayılış gösterir.

Tip: Türkiye; C4 Karaman: Sarıveliler, Dumlugöz Köyü, 1000-1050 m, 20 vi 2007, S. Dogu 1398, Bağcı & Dinç (holotip:KNYA, izotipler: GAZI, Yıldırımli Herb.).

Karaman; Sarıveliler, Dumlugöze köyü, meşe ormanı açıklıkları, 1050m, 15.06.2012, AYS-139-SD.

Oldukça lokaldır ve 10 km² 'den daha az bir alanda yayılış gösterir (IUCN, 2001), B kriteri). Bulunduğu popülasyondaki birey sayısı oldukça seyrek olup 100 bireyden daha azdır (Kriter C). Ayrıca türün yayılış gösterdiği habitatda aşırı otlama çalışmaları gibi yoğun antropojenik aktiviteler nedeniyle yüksek risk altındadır. Bu tür morfolojik açıdan hemen hemen eş zamanlı yayınlanan *Rh. wagenitziana* türüyle oldukça benzerlik gösterir. Kapitula sayısı ve fillari sırası gibi bazı özellikler açısından farklılık gösterir. Konya Bölümü. Endemik. Akdeniz elementi (Doğu ve ark., 2009) (Şekil 2.1.1.1.).



2.1.2. *Rhaponticoides iconiensis* türünün deskripsiyonu

1,5 m'ye kadar uzayabilen çok yıllık rizomlu bitkiler. Gövde dik, tüysüz veya çok hafif pilozsu tüylü, orta ve üst kısımdan birkaç narin korimboz dallı. Taban yaprakları yoğun, bipinnatipartit, ovat-oblong, 10-25 x 6-12 cm, segmentler linear 0-5-2.0 mm, terminal segment aküt-akümineyt, terminal segment 0.5-4 cm, yapraklar üste doğru kadmeli olark azalır ve küçülür, alt ve orta gövde yaprakları taban yapraklarına benzer, en üst gövde yaprakları basitleşmiş, linear. Kapitula 2-10 veya nadiren daha fazla, involukrum ovat-oblong, 3-3.5 x 2-3 cm, tabanda umblikeyt, fillariler 6-8 seri, glakouz, parlak yeşil, üstte siyahımsı benekli, boyuna 7-9 siyahımsı yeşil çizgili, apendaj hemen hemen tamamen indirgenmiş, darca skaryoz marjinli, dış fillariler suborbicular 5-10 x 5-10 mm, orta fillariler ovat, 10-20 x 7-14 mm, iç fillariler ovatoblong 20-25 mm x 4-6.5 mm, apendaj nerdeyse tamamen yok. Çiçekler 35-40 mm, altın sarı, marjinal haffiçe radiant, çiçek tübü 28-30 mm, çiçek lobu 10-12 mm, linear parçalı, staminodlu, stilus eksert. Aken oblong, 8-9 x 2.5-4 mm, kremi kahverengi, ağsı damarlı, pappus çift sıra, dış sıra skabroz, 15-16 mm, iç sıra pulsu 1.5-2.5 mm.

Tip: Türkiye; C4 Konya: Seydişehir — Bozkır, 22 km östlich Seydişehir, 1050 m, 20 vii 1980, M. Nydegger 15396 (holo. Hb. Nydegger, Basel; iso. Hb. Basler Bot. Ges., Hb. Hub.-Mor.)

Konya, Seydişehir-Bozkır, 1110 m, 13.07.2006; M.Vural 9771; Bozkır-Akisse, 1120 m, 10.09.2006, O.Tugay-4410-KE-MVural.

Oldukça yüksek risk altında olan ve birkaç küçük populyasyondan bilinen tür bipinnatipartit yaprakları ile diğer türlerden kolayca ayrılabilir (Şekil 2.1.2.1.) (Mill ve ark., 1988). Endemik. İran -Turan elementi.



Şekil 2.1.2.1. *R. iconiensis*

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye'nin (Konya-Seydişehir, Karaman-Sarıveliler, Antalya-İbradi) Bölgelerinden toplanan iki Endemik *Rhaponticoides* türünün (*Rhaponticoides aytachii*, *Rhaponticoides iconiensis*) farklı organlarında (tüm bitki) Antioksidan, Total Fenol ve Flavonoid Miktarlarının Belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Yapılacak analizler sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

2.3. Bitkilerden Ekstre Hazırlanması

2 farklı *Rhaponticoides* türünden 150'şer gram tartılıp cam kavanozlara konulmuştur. Üzerlerine 300 ml metanol (Merck, Germany) ilave edilip masere edilmişlerdir. 2 gün boyunca bekletilip ultrasonik banyoda 15'er dakika olacak şekilde tutulmuşlardır. 2 gün sonunda süzülerek önce rotari evaporatörde metanol uzaklaştırılmıştır. Sonrasında da 1 gün boyunca 40 0C'de çalkalamalı su banyosunda bekletilerek kalan metanolün tamamen uzaklaştırılması sağlanmıştır.

2.4. Laboratuvar çalışmaları:

- Antioksidan aktivite tayini (spektrofotometrede yapılacaktır)
- Fenolik madde tayini spektrofotometrede yapılacaktır)
- Total flavanoid miktarı (spektrofotometrede yapılacaktır)

2.4.1. Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemi

Ekstrelerin ve saf maddelerin DPPH serbest radikal süpürücü aktivitesi, 2,2- difenil-1,2-pikril hidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich Chemie, Steinheim, Almanya) radikaline karşı, koyu-viyole renkten açık-sarı renge dönüşümün UV/görünür bölgede 515 nm algaboyunda spektrofotometrik olarak ölçülmesiyle tayin edilmiştir. Hazırladığımız ekstrelerden 500 µg/ml, DPPH stok çözeltisi 6x10⁻⁵ mol/l konsantrasyonda olacak şekilde gerekli miktarlar tartılmış ve etanolde (% 75) çözülmüştür. Her örnekten deney tüplerine mikropipet yardımıyla 300 µl alınarak üzerlerine 2700 µl DPPH çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra tüpler oda sıcaklığında, karanlıkta 20 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin absorbansı 517 nm dalga boyunda kör olarak kullanılan etanole karşı spektrofotometrede (Agilent Technologies UV-Visible spektrofotometre, Germany) okunmuştur. Örneklerin DPPH serbest radikaline karşı % inhibisyonları aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır. Her örnek 3 paralel olarak çalışılmış ve sonuçlar 3 deneyden elde edilen % süpürücü etkileri istatistiksel olarak incelenmiştir.

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A1 - A2) / A1] \times 100$$

A1 = DPPH stok çözeltisinin 517 nm dalga boyundaki absorbansı A2 = Örnek çözeltilerinin 517 nm dalga boyundaki absorbansı

2.4.2. Ekstrelerde Toplam Fenol Miktar Tayini

Toplam fenol miktarını tayin etmek için Singleton ve Rossi'nin (1965) modifiye ettiği Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır. Bitki ekstresi yeterli miktar tartılıp, konsantrasyon 2 mg/ml olacak şekilde etanolde (% 75) çözülmüştür. Daha sonra örnekten 20 µl alınıp, üzerine sırasıyla 1580 µl distile su, 100 µl Folin-Ciocalteu reaktifi (Sigma) ve 300 µl % 20'lik sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisi eklenmiştir. Diğer taraftan kalibrasyon eğrisini oluşturabilmek için 50 mg/ml, 100 mg/ml, 150 mg/ml, 250 mg/ml, 500 mg/ml konsantrasyonlarda gallik asit dilüsyonları hazırlanmış ve örnek yerine gallik asit dilüsyonları konularak diğer çözeltiler aynen ilave edilmiştir. Tüm tüpler 40°C'de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda absorbanslar 765 nm dalgaboyunda kör olarak kullanılan etanole karşı spektrofotometrede (Agilent Technologies UV-Visible spektrofotometre, Germany) okunmuştur. Her örnek 3 paralel olarak çalışılmıştır. Örneğin ortalama absorbansından, gallik asit kalibrasyon çözeltileri yardımıyla hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre, toplam fenol konsantrasyonu gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanmış ve ekstrenin toplam fenol miktarı mg/g ekstre ± standart sapma olarak verilmiştir.

2.4.3. Ekstrelerde Toplam Flavonoit Miktar Tayini

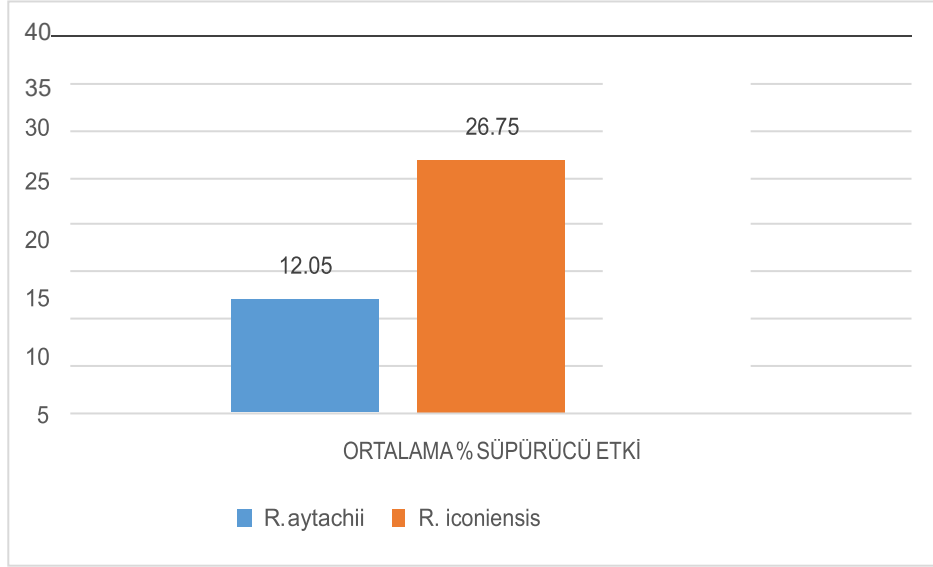
Toplam flavonoit miktarını tayin etmek için Woisky ve Salatino'nun (1998) geliştirdiği alüminyum klorür (AlCl₃) kolorimetrik yöntemi uygulanmıştır. Bitki ekstresi yeterli miktarda tartılıp, konsantrasyonu 2 mg/ml olacak şekilde etanolde (% 75) çözülmüştür. Daha sonra örnekten tüplere 500 µl konulmuştur. Üzerine sırasıyla 1500 µl etanol (% 75), 100 µl % 10'luk AlCl₃, 100 µl 1 M sodyum asetat çözeltisi ve 2800 µl distile su eklenmiştir. Diğer taraftan kalibrasyon eğrisini oluşturabilmek için 0.125 mg/ml, 0.25 mg/ml, 0.50 mg/ml, 1.0 mg/ml konsantrasyonlarda kersetin kalibrasyon çözeltileri hazırlanmış ve örnek yerine kersetin dilüsyonları konularak diğer çözeltiler aynen ilave edilmiştir. Karışımlar 30 dakika oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda absorbanslar 415 nm dalga boyunda kör olarak kullanılan etanole karşı spektrofotometrede (Agilent Technologies UV-Visible spektrofotometre, Germany) okunmuştur. Her örnek 3 paralel olarak çalışılmıştır. Örneğin ortalama absorbansından, kersetin kalibrasyon çözeltileri yardımıyla hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre, total flavonoit konsantrasyonu kersetin eşdeğeri olarak hesaplanmış ve ekstrenin toplam flavonoit miktarı mg/g ekstre ± standart sapma olarak verilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. İki endemik *Rhaponticoides türünün R. aytachii, R. iconiensis* analiz sonuçları

3.1.1. *R. aytachii, R. iconiensis* antioksidan aktivite özellikleri

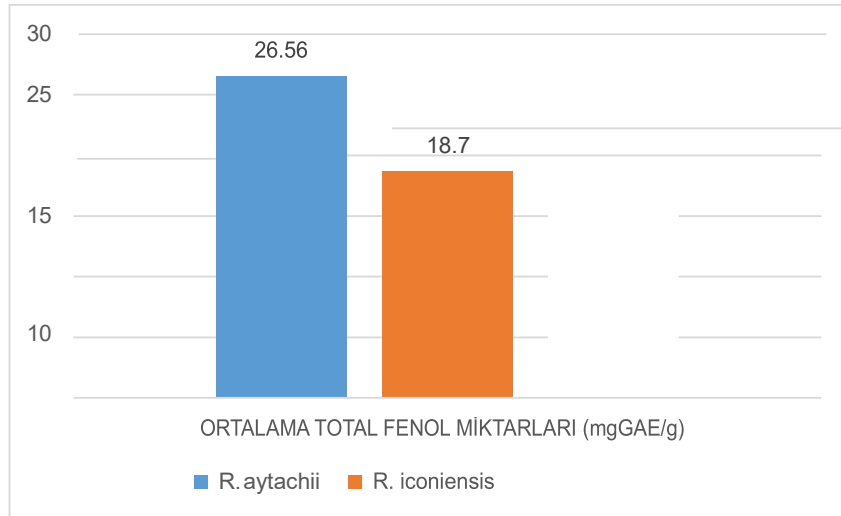
Şekil (3.1.1.1.)'de görüldüğü gibi ortalama % DPPH serbest radikal süpürücü etki *Rhaponticoides iconiensis* (% 26.75) bitkisinde tespit edilmiştir, ve *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (% 12.05) değerinde izlenmiştir. Bitkilerden elde edilen metanollü ekstrelerin antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Bilindiği gibi antioksidan aktivitenin yüksek olması serbest radikallerin temizlenmesinde etkili olduğunun bir göstergesidir.



Şekil 3.1.1.1. *R. aytachii*, ve *R. iconiensis* türlerine ait ortalama % süpürücü etki

3.1.2. *R. aytachii* ve *R. iconiensis* içerdiği total fenol miktarları

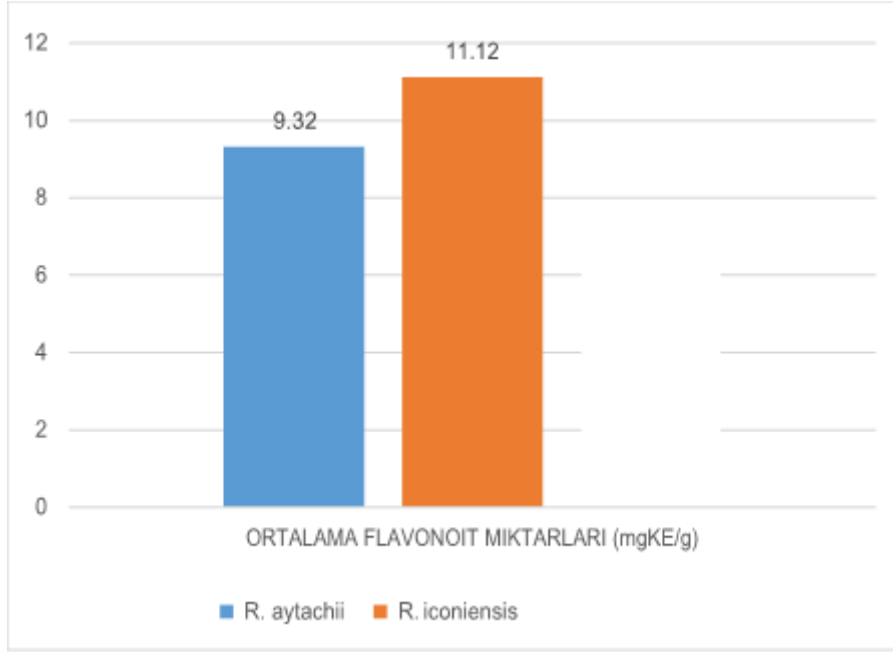
Analiz sonuçlarına göre ortalama total fenol miktarı *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (26,56 mgGAE/g) tespit edilmiştir ve *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (18,70 mgGAE/g) mitarında izlenmiştir şekil (3.1.2.1.)



Şekil 3.1.2.1. *R. iconiensis* ve *R. gokceoglui* türlerinde ortalama içerdiği total fenol miktarları

3.1.3. *R. aytachii* ve *R. iconiensis* içerdiği flavonoid miktarları

Ortalama flavonoid miktarı *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (11,12 mgKE/g) tespit edilmiştir, bunu azalan sıra ile *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (9,32 mgKE/g) değerinde izlenmiştir. Antioksidan aktivitenin yüksek olması bitkinin bünyesinde bulundurduğu fenollerle yakından ilişkili olup özellikle fenollerden flavonoidle ilgilidir şekil (3.1.3.1.).



Şekil 3.1.3.1. *R. aytachii* ve *R. iconiensis* ortalama içerdiği flavonoit miktarları

4. Sonuç

Bu çalışma sonucunda iki endemik Rhaponticoides (*R. aytachii* ve *R. iconiensis*) türüne ait Antioksidan özellikleri, Total fenol miktarları, ve Flavonoit miktarları tespit edilmiştir. Sonuçlara göre ortalama % DPPH antioksidan serbest radikal süpürücü etki değerleri *Rhaponticoides iconiensis* bitkisidir (% 26.75) ve *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (% 12.05) tespit edilmiştir. Aynı zamanda ortalama total fenol miktarı *Rhaponticoides aytachii* bitkisinde (26,56 mgGAE/g) ve *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (18,70 mgGAE/g) değerinde izlenmiştir. Son olarak ortalama flavonoit miktarı *Rhaponticoides iconiensis* bitkisinde (11,12 mgKE/g) tespit edilmiştir ve bunu azalan sıra ile *Rhaponticoides gokceoglui* (6,70 mgKE/g) bitkisinde izlenmiştir.

Yapmış olduğumuz bu çalışma sonuçlarına baktığımızda ortalama Antioksidan özellikleri ve ortalama Total Fenol miktarları bakımından yakın cinslerdeki Antioksidan özellikleri ve ortalama Total fenol miktarlarına göre iyi sayılabilecek değerdedir. Bu sebeple iki endemik *Rhaponticoides* (*R. aytachii* ve *R. iconiensis*) türünün tıbbi kullanılması düşünüldüğünde endemik olmasından dolayı kültürlerinin yapılarak üretilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde türlerin nesli tehlikeye girebilir, özellikle bu bitkiler sadece Türkiye’de sadece özel yerlerde yetiştiği için değeri bir kat daha artmaktadır. Bu çalışma ile, daha sonra bu konuda çalışma yapacaklara faydalı olacağı kanaatındayız.

Kaynakça

- Başoğlu, F., 1982, Gıdalarda kullanılan bazı baharatların mikroorganizmalar üzerine etkileri ve kontaminasyondaki rolleri, *Gıda Dergisi*, 7 (1).
- Baytop, T., 1999, Geçmişte ve Bugün Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, *Nobel Tıp Kitabevi Ltd Şti. İstanbul*.
- Bilaloğlu, G. ve Harmandar, M., 1999, Flavonoidler, *Aktif Yayınevi, İstanbul*, 334-354.
- Ceylan, A., 1995, Medicinal Plants-I, *Ege University Agricultural Faculty Publication* (481).
- Çinbilgel, İ., Eren, Ö. ve Duman, H., 2014, *Rhaponticoides gokceoglui* (Asteraceae), a striking new species from Turkey, *Phytotaxa*, 170 (2), 125-132.
- Doğu, S., Bağcı, Y. ve Dinç, M., 2009, *Rhaponticoides aytachii* sp. nov. (Asteraceae) from south Anatolia, Turkey, *nordic Journal of Botany*, 27 (6), 479-482.
- Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M. S., 2013, Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Antimikrobiyal, Antioksidan Aktiviteleri ve kullanım olanakları, *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 6 (2), 233-265.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M., 2012, Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler), *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul*, 47-83.
- IUCN, 2001, IUCN red list categories, ver. 3.1, Prepared by the IUCN Species Survival Commission, IUCN, Gland Switzerland and Cambridge, UK.
- Kubitzki, K., 2007, The Families and Genera of Vascular Plants. Volume VIII: Flowering Plants. Eudicots. Asterales, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- Mill, R., Tan, K. ve Davis, P., 1988, Flora of Turkey and the East Aegean islands, *Flora of Turkey Supplement*, 10.
- Velioglu, Y., Mazza, G., Gao, L. ve Oomah, B., 1998, Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products, *Journal of agricultural and food chemistry*, 46 (10), 4113-4117.



Transfer Learning using Alexnet with Support Vector Machine for Breast Cancer Detection

Sema Nizam Abdulghani¹, Ahmed Freidoon Fadhil¹, and Seyfettin Sinan Gültekin²

¹ Electrical Engineering Department, College of Engineering, University of Kirkuk, Iraq
(ORCID: 0000-0002-7440-6607 and 0000-0003-0055-5615)

² Electrical and Electronics Engineering Department, Konya Technical University, Turkey (ORCID: 0000-0002-6287-9124)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.806679)

ATIF/REFERENCE: Nizam Abdulghani, S., Fadhil, A. F. & Gültekin, S. S. (2020). Transfer learning using Alexnet with Support Vector Machine for Breast Cancer Detection. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 423-430.

Abstract

Breast cancer is one of the leading causes of women death worldwide currently. Developing a computer-aided diagnosis system for breast cancer detection became an interesting problem for many researchers in recent years. Researchers focused on deep learning techniques for classification problems, including Convolutional Neural Networks (CNNs), which achieved great success. CNN is a specific class of deep, feedforward network that has obtained attention from the research community and achieved great successes, especially in biomedical image processing. In this paper, deep feature extraction methods are used which with pre-trained CNN model to classify breast cancer histopathological images from the publically available (BreakHis dataset). The data set includes two classes, benign and malignant, with four different magnification factors. A patch strategy method proposed based on the extraction of image patches for training the CNN and the combination of these patches for classification. AlexNet model is considered in this work with patch strategy, and pre-trained AlexNet is used for fine-tuning the system. Then, the Support Vector Machine (SVM) was used to classify the obtained features. The evaluation results show that the pre-trained Alexnet with SVM classification and patch strategy yields the best accuracy. Accuracy between 92% and 96% was achieved using five-fold cross-validation technique for different magnification factors.

Keywords: Breast Cancer; Convolutional Neural Network; Alexnet; Transfer Learning; and Support Vector Machine

Meme Kanseri Tespiti İçin Destek Vektör Makinesi İle Alexnet Kullanarak Transfer Öğrenimi

Öz

Meme kanseri, şu anda dünya çapında kadın ölümlerinin önde gelen nedenlerinden biridir. Meme kanseri teşhisi için bilgisayar destekli teşhis sistemleri geliştirmek, son yıllarda birçok araştırmacı için ilgi çekici bir sorun haline geldi. Araştırmacılar, büyük bir başarı elde eden Evrişimli Sinir Ağları (CNN'ler) dahil olmak üzere sınıflandırma problemleri için derin Öğrenme tekniklerine odaklandılar. CNN'ler, özellikle biyomedikal görüntü işleme görevlerinde deneysel başarılar elde eden, araştırma topluluğu ve endüstriden dikkat çeken özel bir derin, ileri beslemeli ağ türüdür.

Bu çalışmada, meme kanseri histopatolojik görüntülerini kamuya açık (BreakHis veri seti) sınıflandırmak için önceden eğitilmiş bir CNN modelini uyarlayan transfer öğrenme ve derin özellik çıkarma yöntemleri kullanılmıştır. AlexNet modeli bu çalışmada yama stratejisi ile ele alındı, ve daha fazla ince ayar için önceden eğitilmiş AlexNet kullanıldı. Elde edilen özellikler daha sonra destek vektör makineleri (SVM) kullanılarak sınıflandırıldı. Değerlendirme sonuçları, SVM sınıflandırıcısı ile önceden eğitilmiş Alexnet'in, farklı büyüme faktörleri için beş kat çapraz doğrulama tekniği kullanarak 92 % ile 96 % arasında bir doğruluk sağladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri; Evrişimli Sinir Ağı; Alexnet; Transfer Öğrenimi; ve Destek Vektör Makinesi

1. Introduction

Nowadays, cancer is a vast public health issue around the world. According to the International Agency for Research on Cancer, deaths caused by cancer expected to reach 27 million by 2030 (Boyle and Levin 2008). Among all other cancer types, breast cancer is considered the second most common for women. Also, the mortality of BC is exceptionally high when compared to other types of cancer. Despite the recent advances in molecular biology of Breast Cancer progression, the most widely used method for BC detection

is the histopathological analysis (Lakhani, Ellis et al. 2012). Although imaging technologies gained a huge improvement for BC diagnosis, the final decision in BC diagnosis depends on the visual inspection of the pathologists for samples under the microscope. Developing a Computer Aided Detection/Diagnosis (CAD) system that will support pathologists accuracy in their decision became possible with the recent advances in image processing technologies. The inherent complexity of histopathological images is the main challenge for CAD systems. Researchers interested on building automatic image processing systems for BC diagnosis for more than 40 years, which is still a challenging problem (Stenkvist, Westman-Naeser et al. 1978).

In literature, researchers introduced many BC histopathology image detection systems using small datasets. Then, (Spanhol, Oliveira et al. 2016) introduced a dataset composed of 7,909 breast histopathological images taken from 82 patients. The authors examined six different textural descriptors with various classifiers and obtained an accuracy ranging from 80% to 85.

The convolutional Neural Network (CNN) has been used to achieve state-of-the-art results in various recognition problems among other approaches. (Krizhevsky, Sutskever et al. 2012, Niu and Suen 2012, Hafemann, Oliveira et al. 2014) proved that using CNN for microscopic images can overcome the challenges presented using traditional textural descriptors. In (Spanhol, Oliveira et al. 2016), the authors have evaluated the deep learning approach by combining different CNNs using simple fusion rules and achieved an improvement in classification accuracy. The authors in (Spanhol, Oliveira et al. 2017) mentioned that pre-trained CNN models can be used as features with extraction of DeCAF features. Then, these features feed to the classifier trained for the new task achieving an average of 84% accuracy on breast cancer case images.

In (Deniz, Şengür et al. 2018), transfer learning and pre-trained CNN AlexNet and VGG16 models are considered for feature extraction and classified by support vector machines (SVM). An accuracy ranging from 90.5% to 91.4% at image levels were achieved. Five pre-trained Deep Convolutional Neural Network architectures are utilized as feature extractors, including InceptionV3, Xception and VGG Net models, in (Kassani, Kassani et al. 2019). The authors used data augmentation to improve the performance of the classification. The pre-trained Xception model yields the best average classification accuracy of 92.50% among all the other DCNN models. Other deep learning convolutional neural networks like Resnet, Alexnet, and VGG16 were employed in (Wenzhong, Huanlan et al. 2020) on breakHis data set. Also, a Deep Breast Cancer classification method was proposed for classifying the pathological breast cancer images reporting an accuracy rates of 92% and 96.43% in classifying patients and images, respectively.

Currently, automatic classifications of histopathological images for breast cancer still a challenging problem due to the sudden increase of CNN parameters which leads to over-fitting of the system. Although increasing the data set of images overcomes the over-fitting problem, it increases the complexity of the system and consumes time. In this paper, a modified CAD system is proposed based on Convolutional Neural Network (CNN) to help pathologists classifying breast cancer images. The main goal is to decide whether the tissue belongs to benign or malignant classes. At first, the Alexnet CNN architecture was used and trained from scratch. Then, the pre-trained neural network structure of Alexnet was tested using transfer learning. Finally, feature extraction was performed for classification based on the pre-trained AlexNet network. The features that are considered in this paper were extracted from the fully connected (FC6) layer of the pre-trained AlexNet model. The FC6 layer which produces 4096-dimensional feature vectors. Then, the feature vectors were used with SVM classifier to boost the efficiency of the proposed model.

The remaining of the paper will be organized as follows: Section 2 explains the theory and structure of Alexnet, Transfer Learning, SVM, and Cross-validation. In section 3, the Transfer Learning Using Alexnet with SVM classifier model was proposed and explained in detail. Section 4 presents experimental results and section 5 discussion and analysis. Finally, the conclusion of the presented work made in section 6.

2. Theory and Structure

2.1 The Alexnet

Alexnet is a convolutional neural network designed by (Krizhevsky, Sutskever et al. 2012) which contains eight layers: five convolutional layers and three fully connected layers. The first structure is designed to classify 1000 class labels. The first convolutional layer filter is fed by (227 x 227 x 3) input image with 96 kernels of size (11 x 11 x 3) and stride of 4 pixels. The response from the first layer is normalized and pooled before feeding it to the second convolutional layer. The second convolutional layer uses 256 kernels of size (5x5x48). The remaining convolutional layers, third, fourth, and fifth, are connected without any normalization or pooling layers. The third convolutional layer has 384 kernels of size (3x3x256) connected to the normalized and pooled outputs of the second convolutional layer. The fourth convolutional layer has 384 kernels of size (3x3x192), and the fifth convolutional layer has 256 kernels of size (3x3x192). The fully-connected layers have 4096 feature vectors (Krizhevsky, Sutskever et al. 2012).

2.2 Transfer Learning

Transfer learning is a deep learning method which uses a pre-trained network trained on a large dataset with many classes in a similar task for particular application. Instead of training a model from scratch, fine-tuning the model using transfer learning is usually much faster and easier. This approach is frequently used for different detection tasks like object detection, image recognition, and speech recognition (Abd Almisreb, Jamil et al. 2018). Transfer learning the knowledge from large datasets to smaller datasets prevent the lack of collected data problem. When employing CNNs on medical image classification systems, transfer learning is very useful where data is insufficient by the presence of annotated natural images (Huang, Pan et al. 2017).

2.3 The Support Vector Machine (SVM)

The Support Vector Machine (SVM) is a classification technique which tries to find an effective separable hyperplane to separate two-class vectors (features from both classes) by maximizing the separable distance between that two class vectors (Duda, Hart et al. 2012). The classifier can be linear or non-linear.

Given a training set of the form (x_i, y_i) , $i = 1, 2, 3, \dots, n$, for dimension d , where $x_i \in R^d$ and $y_i \in \{1, -1\}$, and x_i are the feature vectors and y_i are the two classes. For linear separable hyperplane, the kernel function will be

$$K(x_i, x_j) = \langle \phi(x_i), \phi(x_j) \rangle \quad (1)$$

For non-linear separable hyperplane, the kernel function will be different. An example is the radial basis function

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\langle (x_i - x_j), (x_i - x_j) \rangle / (2\sigma^2)) \quad (2)$$

where σ is a positive integer. In general, the class will be determined by using the equation:

$$\text{class}(z) = \text{sign}(\sum_{i=1}^{N_s} \alpha_i y_i K(S_i, z) + b) \quad (3)$$

where S_i are training instances z_i (support vectors) with $\alpha_i > 0$ and N_s is the number of support vectors (Fadhil 2014).

2.4 Cross-validation Method

Cross-validation is a statistical method used to evaluate the performance of machine learning models. It uses random sampling methods in such away that the resulting sets do not overlap (Berrar and Biology 2019). In k-fold cross-validation, the dataset is partitioned by random samling into k distinct subsets of same size approximately. The training set will use (k-1) of the subsets and only one set will be left for testing the system. Then, the same procedure applied to the ramiang subsets to serve for testing to measure the performance of the system. The cross-validated performance is the average of the k performance measurements on the k validation sets (Berrar and Biology 2019).

3. The proposed Systems

3.1 Transfer Learning Using Alexnet

AlexNet has been trained on approximately 1.2 million images from the ImageNet Dataset (<http://image-net.org/index>). The Alexnet structure has eight layers for classification of 1000 different objects. For this reason, the model has gained a rich feature representation to classify images from different applications. The first five layers, the convolutional layers, from the pre-trained Alexnet are saved as fixed feature extractors, while the last three layers, fully connected layers, were replaced with new set of layers that can classify two classes only (Abd Almisreb, Jamil et al. 2018). The network parameters will be updated by using the Stochastic Gradient Descent (SGD) method with backpropagation (Bottou 2012). A complete pass of the algorithm over the entire training set is called an epoch. The mini-batch size is the subset of the training dataset used by the SGD to update network parameters. In contrast, the rate of adjusting the weights of the network to the gradient is called the learning rate.

3.2 Transfer Learning Using Alexnet with SVM classifier

Deep feature extraction can be considered a type of transfer learning. The activation layers of the Alexnet model can be used to extract the feature vectors instead of fine-tuning the pre-trained alexnet model. The earlier layers from the pre-trained Alexnet model represents low level features from images such as edges, while the last layers, fully connected layers, represents higher level features for image classification. Features from the first two layers of the fully connected layers (FC6 and FC7) were frequently used in classification problems. These layers contain 4096 feature vecotrs that can be used with SVM classifier to decide the class of the input image (Deniz, Şengür et al. 2018).

4. Results

In literature (Spanhol, Oliveira et al. 2016, Spanhol, Oliveira et al. 2017, Deniz, Şengür et al. 2018, Kassani, Kassani et al. 2019, Wenzhong, Huanlan et al. 2020), the recognition rate presented by the researches was evaluated at the image or the patient level. At the patient level, the patient score needs to be calculated first by:

$$\text{Patient Score} = \frac{N_{rec}}{N_p} \quad (4)$$

and the global patient recognition rate as:

$$\text{Patient Recognition Rate} = \frac{\sum \text{Patient Score}}{\text{Total Number of Patients}} \quad (5)$$

where N_p is the number of cancer images of patient P, and N_{rec} is the correctly classified cancer images for each patient. On the other hand, the image level provides the simple image classification accuracy of the CNN. The recognition rate is computed at the image level by:

$$\text{Image Recognition Rate} = \frac{N_{rec}}{N_{all}} \quad (6)$$

where N_{all} is the number of cancer images of the test set, and N_{rec} is the number of correctly classified cancer images.

The experiment platform is configured using MacBook Pro with an Intel Core i7-7820 CPU and 32 GB memory. The BreakHis database (Spanhol, Oliveira et al. 2016) contains 7,909 microscopic biopsy images of benign and malignant breast tumors. All images are colored and of size 700×460 pixels. The images are collected from 82 patients with magnifying factors of $40\times$, $100\times$, $200\times$ and $400\times$. Experiments were evaluated using five-fold cross-validation at the patient level. The dataset has been divided into five splits for cross-validation, and each split contains 80% of images as training and 20% of images as testing sets. The dataset split patient wise to guarantee that the classifier generalizes to unseen patients. Previously, all input images were initially resized to size 227×227 for the sake of convenience with Alexnet structure (Deniz, Şengür et al. 2018, Wenzhong, Huanlan et al. 2020). Since the original size of images of BreakHis data set is 700×460 , the proposed method suggests extracting image patches of size 227×227 from the original images instead of resizing it. As a result, six different patch images of size 227×227 were extracted from each image of the BreakHis dataset.

The initial experiments were carried out using Alexnet CNN architecture by training it from scratch. Table 1 shows the results of training the systems using a mini-batch size of (10) and the initial learning rate of (10^{-2}). The initial learning rate was chosen large enough to increase the learning of the network from scratch. The maximum epoch number was set to 5, and the CNN model was trained by stochastic gradient descent with momentum. Table 1 shows the average accuracy results of Alexnet model for all magnification factors using five-fold cross-validation method.

Table 1: The Average Accuracy for Alexnet Algorithm

MF	Recognition Rate	
	Image	Patient
40 X	68.02	69.98
100X	69.44	69.98
200X	69.44	69.98
400X	68.74	69.98

In Table 2 and Table 3, different learning rate values were tested using a maximum of 5 epochs and a mini-batch size of 100. Table 2 presents the average accuracy results for Pre-trained Alexnet method using different initial learning rate. In contrast, Table 3 presents the average accuracy results for Pre-trained Alexnet with SVM method using different initial learning rate.

Table 2: The Average Accuracy for Pre-trained Alexnet method (different learning rate)

MF	Learning Rate	Recognition Rate	
		Image	Patient
40X	10^{-2}	68.02	69.98
	10^{-3}	86.94	89.95
	10^{-4}	89.30	92.04
	10^{-5}	85.32	87.99
100X	10^{-2}	69.44	69.98
	10^{-3}	90.52	94.00
	10^{-4}	91.84	90.07
	10^{-5}	90.13	89.95
200X	10^{-2}	68.74	69.98
	10^{-3}	88.95	87.99
	10^{-4}	91.68	92.04
	10^{-5}	90.07	92.04
400X	10^{-2}	68.37	69.98
	10^{-3}	86.96	90.07
	10^{-4}	88.92	92.04
	10^{-5}	88.43	89.95

Table 3: The Average Accuracy for Pre-trained Alexnet with SVM method (different learning rate)

MF	Learning Rate	Recognition Rate	
		Image	Patient
40 X	10^{-2}	68.02	69.98
	10^{-3}	88.79	95.96
	10^{-4}	90.36	92.04
	10^{-5}	85.69	87.99
100X	10^{-2}	69.44	69.98
	10^{-3}	91.04	94.00
	10^{-4}	91.08	92.04
	10^{-5}	90.81	94.00
200X	10^{-2}	68.74	69.98
	10^{-3}	90.73	92.04
	10^{-4}	91.82	92.04
	10^{-5}	90.31	92.04
400X	10^{-2}	68.37	69.98
	10^{-3}	85.66	84.19
	10^{-4}	89.92	94.00
	10^{-5}	88.30	89.95

Next, the experiments were performed using the Stochastic Gradient Descent (SGD) method with a mini-batch size of 100, a learning rate of (10^{-4}), momentum term of 0.9, a weight decay of (4^{-5}), and at a maximum of 20 epochs. Table 4 reports the best average accuracy of the proposed pre-trained Alexnet method at image and patient levels for 40X, 100X, 200X and 400X magnification factors using five-fold cross-validation. While Table 5 reports the best average accuracy of the proposed pre-trained Alexnet with SVM method at image and patient levels for 40X, 100X, 200X and 400X magnification factors using five-fold cross-validation.

Table 4: The Average Accuracy for Pre-trained Alexnet method (learning rate = 10^{-4})

MF	Max Epoch	Recognition Rate	
		Image	Patient
40X	5	89.30	92.04
	10	90.78	94.00
	15	91.05	92.04
	20	91.74	92.04
100X	5	91.84	90.07
	10	91.92	92.03
	15	91.77	95.96
	20	90.95	94.00
200X	5	91.68	92.04
	10	90.42	89.95
	15	91.07	94.00
	20	91.68	92.04
400X	5	89.92	94.00
	10	90.24	94.12
	15	89.65	94.12
	20	89.95	94.12

Table 5: The Average Accuracy for Pre-trained Alexnet with SVM method (learning rate = 10^{-4})

MF	Max Epoch	Recognition Rate	
		Image	Patient
40X	5	90.36	92.04
	10	92.57	94.00
	15	91.97	95.96
	20	92.05	94.00
100X	5	91.08	92.04
	10	91.90	94.00
	15	91.70	90.08
	20	91.14	92.04
200X	5	91.82	92.04
	10	91.71	92.04
	15	91.96	92.04
	20	91.75	89.95
400X	5	89.92	94.00
	10	90.62	96.08
	15	89.95	92.04
	20	89.41	94.12

5. Discussion

The results from Table 1 show that the accuracy of using Alexnet with training from scratch yields poor results. In-depth investigation of the results shows that the systems always classify the data as a malignant class. The reason for the system failure is that the data was not sufficient for building a robust system. To overcome this problem, many hundred epochs should be used with GPU support to reach better results, as in (Kassani, Kassani et al. 2019, Wenzhong, Huanlan et al. 2020). In this paper, a patch strategy will be used, resulting in six patches per image from the data set. Also, instead of training the CNN from scratch, transfer learning will be used, which makes the system converge faster. Then, the Support Vector Machine (SVM) will be used in the final layers of the Alexnet structure to improve the classification process.

The learning rate is a vital hyper-parameter when configuring the neural network. Therefore, it is essential to investigate the effects of the learning rate on model performance. Most of the previous studies showed that changing the learning rate affects system performance. For this reason, the proposed systems were trained using different learning rates to select the better initial learning rate. Results from Table 2 and Table 3 indicate that using an initial learning rate of (10^{-4}) yields better accuracy results. These results are reasonable since using a higher learning rate may lead to divergence, while using smaller values will slow down learning in the transferred layers and converges faster.

As seen in Table 4 and 5, the best classification accuracy of 92.05% at image level and 94% at patient level was produced for 40X magnification factor using pre-trained Alexnet with SVM with maximum epochs of 20. The accuracy score for 100X magnification factor using pre-trained Alexnet with SVM was 91.90% at image level and 94% at patient level with only 10 epochs which is better than the pre-trained Alexnet method. The other magnification factor 200X produced similar accuracy at the patient level for both proposed methods, and the classification accuracy at image levels was better for pre-trained Alexnet with SVM compared to the pre-trained Alexnet. Additionally, the accuracy score for 400X magnification factor using pre-trained Alexnet with SVM was 90.62% at image level and 96% at patient level with only 10 epochs which is better than the pre-trained Alexnet method.

Additionally, the proposed approaches (pre-trained Alexnet) and (pre-trained Alexnet with SVM) that uses six patches from each of the images were compared with the results obtained in (Spanhol, Oliveira et al. 2016, Spanhol, Oliveira et al. 2017, Deniz, Şengür et al. 2018, Wenzhong, Huanlan et al. 2020) at both patient and image levels. The experiments were performed using the Stochastic Gradient Descent (SGD) method with a mini-batch size of 100, a learning rate of (10^{-4}), momentum term of 0.9, a weight decay of (4^{-5}), and at a maximum of 20 epochs. Table 6 and Table 7 reports the best average accuracy of the proposed method for 40X, 100X, 200X and 400X magnification factors using five-fold cross-validation at the image and the patient levels, respectively.

Table 6: Mean Accuracy rates for different strategies at the patient level

Strategy	Magnification Factors			
	40X	100X	200X	400X
CNN (Sum) (2016) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	88.4	88.4	83.8	85.3
CNN (Product) (2016) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	89.2	88.4	83.8	85.3
CNN (Max) (2016) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	90.0	88.4	84.6	86.1
CNN + DeCAF (2017) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	88.5	88.5	90.3	87.1
VGG16 (2020) (Wenzhong, Huanlan et al. 2020)	50.00	83.33	33.33	57.14
AlexNet (2020) (Wenzhong, Huanlan et al. 2020)	83.33	83.33	83.33	85.71
Pre-trained Alexnet	<u>92.0</u>	<u>92.0</u>	<u>92.0</u>	<u>94.1</u>
Pre-trained Alexnet with SVM	<u>94.0</u>	<u>94.0</u>	<u>92.0</u>	<u>96.1</u>

Table 7: Mean Accuracy rates for different strategies at the image level

Strategy	Magnification Factors			
	40X	100X	200X	400X
CNN (Sum) (2016) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	85.4	83.3	83.1	80.8
CNN (Product) (2016) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	85.5	83.4	83.0	80.8
CNN (Max) (2016) (Spanhol, Oliveira et al. 2016)	85.6	83.5	82.7	80.7
CNN + DeCAF (2017) (Spanhol, Oliveira et al. 2017)	88.0	88.8	88.7	86.7
AlexNet-fc6 + Vgg16-fc6 (2018) (Deniz, Şengür et al. 2018)	84.87	89.21	88.65	86.75
AlexNet-fc7 + Vgg16-fc7 (2018) (Deniz, Şengür et al. 2018)	84.58	89.03	88.31	86.00
Fine-tuned AlexNet (2018) (Deniz, Şengür et al. 2018)	90.96	90.58	91.37	91.30
VGG16 (2020) (Wenzhong, Huanlan et al. 2020)	84.77	86.82	87.81	86.96
AlexNet (2020) (Wenzhong, Huanlan et al. 2020)	85.48	86.64	87.63	89.53
Pre-trained Alexnet	<u>91.7</u>	<u>91.9</u>	<u>91.7</u>	<u>90.2</u>
Pre-trained Alexnet with SVM	<u>92.0</u>	<u>91.9</u>	<u>92.0</u>	<u>91.6</u>

As seen in Table 6, the proposed (Pre-trained Alexnet with SVM) method achieves accuracy between 92.0% and 96.1% at the patient level, which outperforms the approaches proposed in the literature in terms of accuracy. In Table 7, the proposed method achieves an accuracy of approximately 92% at image level for magnification factors 40X, 100X, and 200X. The proposed (Pre-trained Alexnet with SVM) method scored the highest average accuracy results in both image and patient levels for all magnification factors 40X, 100X, 200X and 400X.

6. Conclusion

This paper introduces an improved deep feature extraction CNN method for histopathological breast cancer image classification. The well-known Alexnet model were used to classify images from the BreakHis dataset using transfer learning. The BreakHis dataset is preferred in the experimental works due to the huge number of sample images. Two different models were considered and performed. In the first model, the pre-trained Alexnet that uses six patches from each of the images of the dataset was conducted. While the second model is based on pre-trained Alexnet with SVM classifier. The FC6 layers from the pre-trained Alexnet model were fed to the SVM classifier for the final decision. The proposed (Pre-trained Alexnet with SVM) method scored the highest average accuracy results in both image and patient levels for all magnification factors 40X, 100X, 200X and 400X.

References

- Abd Almisreb, A., et al. (2018). Utilizing AlexNet deep transfer learning for ear recognition. 2018 Fourth International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management (CAMP), IEEE.
- Berrar, D. J. E. o. B. and C. Biology (2019). "Cross-validation." 1: 542-545.
- Bottou, L. (2012). Stochastic gradient descent tricks. Neural networks: Tricks of the trade, Springer: 421-436.
- Boyle, P. and B. Levin (2008). World cancer report 2008, IARC Press, International Agency for Research on Cancer.
- Deniz, E., et al. (2018). "Transfer learning based histopathologic image classification for breast cancer detection." 6(1): 18.
- Duda, R. O., et al. (2012). Pattern classification, John Wiley & Sons.
- Fadhil, A. F. (2014). Formulation of detection strategies in images, Southern Illinois University at Carbondale.
- Hafemann, L. G., et al. (2014). Forest species recognition using deep convolutional neural networks. 2014 22nd International Conference on Pattern Recognition, IEEE.
- Huang, Z., et al. (2017). "Transfer learning with deep convolutional neural network for SAR target classification with limited labeled data." 9(9): 907.
- Kassani, S. H., et al. (2019). "Breast cancer diagnosis with transfer learning and global pooling."
- Krizhevsky, A., et al. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Advances in neural information processing systems.
- Lakhani, S., et al. (2012). "WHO Classification of Tumours of the Breast, ed 4. Lyon."
- Niu, X.-X. and C. Y. J. P. R. Suen (2012). "A novel hybrid CNN-SVM classifier for recognizing handwritten digits." 45(4): 1318-1325.
- Spanhol, F. A., et al. (2017). Deep features for breast cancer histopathological image classification. 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), IEEE.
- Spanhol, F. A., et al. (2016). Breast cancer histopathological image classification using convolutional neural networks. 2016 international joint conference on neural networks (IJCNN), IEEE.
- Spanhol, F. A., et al. (2016). "A dataset for breast cancer histopathological image classification." 63(7): 1455-1462.
- Stenkvist, B., et al. (1978). "Computerized nuclear morphometry as an objective method for characterizing human cancer cell populations." 38(12): 4688-4697.
- Wenzhong, L., et al. (2020). "Classifications of Breast Cancer Images by Deep Learning."



Rumen Düzenleyicilerinin Tampon Özellikleri Kullanılarak *In Vitro* Yöntemiyle Rumen Fermantasyonuna Etkisinin Belirlenmesi*

Fatih Şahiner^{1†}, Musa Yavuz²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1580-3378)

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4936-1846)

(İlk Geliş Tarihi 1 Eylül 2020 ve Kabul Tarihi 22 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.807578)

ATIF/REFERENCE Şahiner, F. & Yavuz, M. (2020). Rumen Düzenleyicilerinin Tampon Özellikleri Kullanılarak *In Vitro* Yöntemiyle Rumen Fermantasyonuna Etkisinin Belirlenmesi. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 431-444.

Öz

Bu çalışmada rumen düzenleyici olarak kullanılan (sodyum bikarbonat ve magnezyum oksit) ve kullanılabilir (amonyum bikarbonat ve sönmüş kireç) tampon maddelerinin zamana bağlı rumen pH'sına etkisi *in vitro* yöntemiyle incelenmiştir. Bunun dışında farklı yem maddeleri saman, yonca, TMR, kesif yem, mısır silajı, nişasta ve melas rumen sıvısına *in vitro* yöntemiyle farklı zaman (0, 20, 40, 60, 80, 100 ve 120 dak.) aralıklarında kayıt edilmiştir. Tampon maddelerinin rumen sıvısı içinde ilk 15 dakika içerisinde çözünmesiyle birlikte etkileri hızlı bir şekilde görülmektedir. Amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat benzer özellikler göstermelerine rağmen sönmüş kireç ve magnezyum oksitin yüksek düzeylerde kullanımında pH 8.0 üzerine çıkmıştır. Bu sebeple bu iki madde iyi bir tampon özelliği göstermediği için kullanılacak miktarların sınırlandırılması gereklidir. Çalışmada yem maddelerinin farklı dozlarda rumen sıvısına ilavesi ile yem maddelerinin pH değerlerine bağlı olarak ilk 15 dakika içerisinde dengeye geldiği daha sonrasında ise fermantasyona bağlı olarak düşmeye başladığı gözlemlenmiştir. Rumen sıvısına konulan yem miktarı artıkça rumen pH'sı da buna bağlı şekilde doğru orantılı olarak değişim göstermiştir. Nişasta, rumen sıvısı içerisindeki parçalanma hızına bağlı olarak, rumen pH'sına da etki etmektedir. Yüksek melas kullanımı rumen bakterilerinde hipertonic ve düşük pH değerine sahip bir ortam oluşturduğu için fermantasyonun yavaşlamasına sebep olmaktadır. Sodyum bikarbonatın tampon maddesi olarak kullanımı tercih edilmekle birlikte sodyumun yüksek olmasından oluşabilecek diğer problemlerin azaltılması amacı ile tampon maddeleri hem mineral ihtiyacının karşılanması (magnezyum oksit) ya da mikroorganizmaların azot ihtiyacının karşılanması (amonyum bikarbonat) veya daha ucuz tampon maddesi (sönmüş kireç) kullanılabilir. Bu maddelerin tek başlarına ya da karışım olarak kullanılması, hayvanın ihtiyacı ve kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılması önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Rumen, Asidoz, Tampon Maddeleri, pH

The Effect Of Rumen Regulators Buffer Characteristics On Rumen Fermentation Using *In Vitro* Method

Abstract

In this study, the effects of rumen buffers (sodium bicarbonate and magnesium oxide) and possible rumen buffers (ammonium bicarbonate and slaked lime) were investigated with *in vitro* method measuring rumen pH changes over time. In addition to this, different feedstuffs (straw, alfalfa, TMR, concentrate, corn silage, starch and molasses) were incubated *In vitro* and pH levels were recorded at different time (0, 20, 40, 60, 80, 100 ve 120 min) intervals. In the first 15 minutes, the effects of the buffer substances of dissolving in the rumen liquid can be seen quickly. Ammonium bicarbonate and sodium bicarbonate showed similar properties but lime and magnesium oxide increased pH more than 8.0. These two substances do not show a good buffer property, so the amounts of use should be limited. It was observed that when the raw feedstuffs were added to the rumen liquid at different doses, rumen pH values began to stabilize in the first 15 minutes depend on pH value of feed and then rumen pH changes with rumen fermentation. Increasing the amount of feed stuffs which put in to the rumen fluid have been shown to lower the rumen pH. The rate of starch breakdown in rumen fluid affects the rumen pH levels. The use of high molasses slows down the fermentation where it creates a hypertonic and low pH

* Bu makale yüksek lisans tezinden çıkarılmıştır.

†Corresponding Author: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1580-3378, sahiner1453@gmail.com

environment for rumen bacteria. In particular, if it is desired to reduce other problems that may occur in exceeding the sodium level and to meet the mineral need (magnesium oxide) or to meet the nitrogen need of microorganisms (ammonium bicarbonate) or to use cheaper buffer (slaked lime), these substances should be used alone or as a mixture, the animal needs and restrictions should be taken into account. Although sodium bicarbonate is preferred to be used as a buffer substance; however, in order to reduce other problems that may arise from high sodium, other buffering agents can be used to meet the mineral requirement (magnesium oxide) or to meet the nitrogen requirement of microorganisms (ammonium bicarbonate) or to have cheaper buffer (lime). The use of these substances alone or as a mixture should be done considering the needs and restrictions of the animal.

Keywords: Rumen, Asidoz, Buffer substance, pH.

1. Giriş

Dünya genelindeki hayvansal üretim modelleri incelendiğinde, Amerika ve Avrupa şartlarında hayvancılık için tarımsal üretim yapılıyorken, ülkemizde bunun aksine tarım için hayvancılık modeline devam edildiği söylenebilmektedir. Karbonhidrat ağırlıklı yemlerin hayvanlara dengesiz oranlarda verilmesi, ruminantların sindirim sisteminde başta ruminal asidozis olmak üzere farklı sindirim sistemi bozukluklarına yol açmaktadır (Gökçe ve İmren, 1998).

Sindirim sistemindeki faaliyetlerin düzenli gerçekleşebilmesi için pH dengesi önem arz etmektedir. Özellikle rumen içerik pH'sının optimum düzeyinden sapmalar göstermesi sindirim olaylarında aksaklıklar meydana getirebilmekte ve hayvan sağlığı olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Ruminant hayvanlarda, rumen, retikulum ve omasum ön mideyi, abomasum da asıl mideyi oluşturarak monogastriklerde olduğu gibi enzimatik bir yapıya sahiptir (Özel ve Sarıççek, 2009). Sindirim sisteminde yem ve diğer yem maddelerinin daha fazla çiğneme ve tükürük ile karıştırılması için rumenden ağza geri gönderilmesinden sonra, ağızdaki yem tekrar yutulur ve retikulum içerisine geçer (Parish, 2017). Rumen içerisinde bulunan bakteri, protozoa ve mantarların salgıladıkları enzimlerle lifli maddeler parçalanıp sindirilebilmekte ayrıca azot içeren bileşikler bakteriyel proteine çevirebilmektedir (Russell ve Rychlik, 2001). Normal yemleme şartlarında, 1 mL rumen sıvısı yaklaşık 10^{10} - 10^{12} bakteri, 10^5 - 10^6 protozoa ve 10^3 - 10^5 kadarda fungus içerir (Özöğretmen, 1991). Normal şartlar altında rumen içeriği, bakteri ve protozoalar tarafından oluşturulan fermentasyon nedeniyle asidik nitelikte olup, rumen sıcaklığı yaklaşık olarak 38-41 °C ve rumen pH'sı ise 5,5-7 arasında değişiklik göstermektedir (Church, 1984). Laktik asit bakterileriyle yapılan çalışmalarda pH 2 'de *Pediococcus* izolatlarının bazılarının gelişme göstermediği, pH 9,6'da bir *Pediococcus pentosaceus* izolati hariç izole edilen diğer laktik asit bakterilerinin iyi gelişme gösterdiği tespit edilmiştir (Kahraman ve Arıcı, 2020). Rumen içi sıcaklığının Sevgican (1996) 38-42 °C, Church (1984) 39-41 °C ve Lederberg (1992) 38-41 °C olması gerektiğini söylemişlerdir. Rumen pH değerinin ise Sevgican (1996) 5.5-6.5, Lederberg (1992) 5.5-7.3, Murphy vd. (1982) ise 5.8-6.4 aralığında olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Rumen içerisi mikroorganizmaların gelişimi için ideal bir ortama sahiptir. Rumen içeriği pH'sının ağızda üretilen salya tarafından tamponlanması sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda rumende oluşan nemli ortamın birçok mikroorganizma için ideal bir yaşam ortamı sunduğu ve %95-99'u anaerobik karakterde olan mikroorganizma popülasyonu için uygun bir ortam oluşturduğu belirtilmektedir (Garipoğlu ve Sarıççek, 2000). Rumenin normal pH aralığında ki en önemli tamponları, tükürük sayesinde gelen tamponlardır. Kay (1960) sığırlarda tükürüğün, parotid, mandibular, dil altı, labiyal, ventral, medial ve dorsal bukal ve faregeal bezlerden üretildiğini ifade etmiştir. Beal (1974) sığır tükürük pH'sının 8.6, koyun tükürüğünün pH'sının 8.1 olduğunu belirtmiştir. Hayvan metabolizması asit-baz dengesini istenilen pH aralığında tutabilmek için *buffer* sistemi denilen bazı dengeler oluşturmuştur. Umuçalılar ve Şeker (2000) bikarbonat sistemini kan ve hücreler arası sıvıların istenilen pH da tutulmasını sağlayan asit-baz dengesini koruma sistemlerinden birisi olduğunu belirtmişlerdir. Asidoz, Dodurka (2012) tarafından kolay fermente olabilen nişasta yönünden zengin besinlerin hayvanlar tarafından aniden ve fazla miktarda alınımı sonucu depresyon ve komayla karakterize bir hastalık olarak belirtilip, rumende ve kanda laktik asit düzeyinin artması, rumen içerik pH'sının düşmesi, rumende laktik asit üretimi ve buna bağlı olarak rumen pH'sının normal düzeyinden daha aşağılara inmesiyle karakterize bir beslenme hastalığı olarak tarif edilmiştir. Yoğun içerikli rasyonlara alışmamış inekler özellikle ruminal asidoza daha çok duyarlıdır (Owens ve Goetsch, 1988). Stone (1999), subakut ruminal asidoz (SARA)'un maliyetlerinin inek başına günlük 1.12 dolar olarak tahmin edildiğini bildirmiştir. Bunun için asidoz özellikle süt üretimi yapan çiftliklerde ve süt sanayisinde endişe kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Mickdam vd. (2016), SARA durumunda normalde 6.5-6.8 arasında olan rumen pH'sının, 5.6-5.7 seviyelerine düştüğünü belirtmiştir. Oetzel vd. (1999), bu değişimin hızlı bir şekilde mayalanabilen organik karbon asitlerinin birikmesine yol açan büyük miktarda hızlı bir karbonhidrat alımından kaynaklandığını, ticari mandıra çiftliği ineklerinin % 20'sinin laktasyonun başlarında SARA'yı gösteren pH 5.5'in altında rumen pH değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Süt sığırlarından maksimum verim alabilmek için endüstriyel bir yatırım alanı olarak görülen süt sığırı yetiştiriciliğinde, asidotik rasyonlara önem verilmektedir (Yıldız ve Parlat, 2019). Fermentasyon hızındaki her hangi bir artıştan sonra pH'daki azalma miktarı rumenin tamponlama kapasitesine ile alakalıdır (Counotte vd, 1979). Diyet tamponlarını ve değiştiricileri kullanmak rumenin fizyolojik tamponlama sistemine destek amaçlı giderek üzerinde durulan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ruminant beslemede tampon maddesi olarak magnezyum oksit, sodyum bikarbonat, sodyum bentonit, kalsiyum karbonat, potasyum karbonat, sodyum seskikarbonat, (Hutjens, 1991), kireç taşı (Hill, 1962), sodyum klorür (NRC, 2001), amonyak (Parkes ve Shilton, 2011) hayvan beslemesinde kullanıldığı rapor edilmiştir. Bu tampon maddeleri arasında en fazla kullanılan sodyum bikarbonat ve magnezyum oksittir. Özellikle bu ikisinin karışımlarının kullanılmasına yönelik çalışmalar vardır (Erdman ve ark, 1980; Ülger ve Küçük, 2014).

Bu çalışmada rumen pH düzenleyici olarak kullanılan (sodyum bikarbonat ve magnezyum oksit) ve kullanılacak (amonyum bikarbonat ve sönmüş kireç) tampon maddelerinin laboratuvar ortamında rumen pH'sına etkisi *in vitro* yöntemiyle incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel tasarım

Çalışmada rumen düzenleyici olarak kullanılan magnezyum oksit, sönmüş kireç, sodyum bikarbonat ve amonyum bikarbonatın rumen içerisinde pH seviyesini iyileştirmedeki doz miktarları ve etki süreleri ele alınmıştır. Çalışmada rumen düzenleyici maddelerin *in vitro* ortam yöntemi ile etkileri belirlenmiştir. Kullanılan farklı miktar ve özellikteki yem çeşitlerinin rumende meydana getirdiği olumsuz sonuçların giderilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ile hayvan beslemede kullanılan yem materyellerinin rumen pH'sına etkisi ve alternatif rumen düzenleyici maddelerinin kullanım zamanları ve hangi dozlarda kullanılması gerektiğinin hesaplamaları yapılmıştır. Çalışma Ziraat Fakültesi uygulama alanlarında yürütülmüştür. Çalışma kapsamında 3 adet yerli ırk üzerinde kanül takılı inek kullanılmıştır.

2.2. Rasyon Özellikleri

Çalışmada kullanılan yem maddelerinden, kaba yem kaynağı olarak silaj ve buğday sapı (saman), kesif yem (sığır süt yemi) ve tam yemleme karışım örneği (TMR) içeren yem maddeleri 3-4 kg kadar Ziraat Fakültesi uygulama alanlarından temin edilmiştir. Zootečni bölümü yemler ve hayvan besleme laboratuvarlarında ön kurutma ve öğütme işlemleri yapıldıktan sonra yem analizleri yapılmıştır. Örnekler analizler öncesinde homojen hale gelmesi için öğütücü yardımıyla öğütülmüştür. Çalışmadaki, silaj, buğday sapı (saman), yonca, kesif yem (sığır süt yemi) ve tam yemleme karışım örnekleri (TMR) 1'e 10 oranında (g/mL) saf su içerisinde 10 dk çalkalanarak pH ölçümleri yapılmıştır. Analizler 3'er tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Yemlerin kuru madde analizleri ve pH ölçümleri yapılmıştır.

2.3. *In vitro* Sindirimi ve pH Ölçümleri

Monogastrik hayvanlardan farklı olarak ruminantlarda sindirim işkembelerindeki barındırdıkları mikroorganizmalar yardımıyla meydana gelmektedir. Bu farklılıktan dolayı ruminant hayvanlarda mikroorganizmaların fermantasyonu sonucu oluşan besin kayıplarının (sindirim) ölçülmesi gerekmektedir (Van Soest, 1994). Besin kayıplarının ölçülmesinde *in vivo* ve *in vitro* gibi yöntemler kullanılmaktadır. Boisen ve Eggum (1991)'a göre *in vitro* teknik, maksimum sindirilebilirlik değerleri vermek ya da ilk hidroliz oranını ölçmek için spesifik enzimleri kullanmak üzere tasarlanabilmekle birlikte, kullanılan enzimler sindirim sisteminde mevcut olanlara benzer özelliklere sahip olmalıdır. Hem *in vivo* hem de *in vitro* metotta faydalanılabilecek olan rumen kanül yöntemi, ruminal sıvının temsili örneklerini elde etmek için tercih edilen yöntemdir (Nocek, 1997) ancak bu yöntem araştırma önerisiyle sınırlıdır. Kanül kapağının tekrar tekrar açılması ve hareket ettirilmesi hayvanı rahatsız eder ve rumen içeriğinin kaçmasına sebep olabilir (Tajik ve Nazifi, 2011).

Çalışmada hayvanların beslenmelerinden 4 saat sonrasında rumen içeriği alınarak laboratuvar ortamına getirilmiş, rumen içeriği ve karışımlar su banyosu içerisinde 39-41 °C sıcaklıkta muhafaza edilerek pH ölçümleri yapılmıştır (Şekil 1). Her inekten yaklaşık 1 L alınan rumen içeriği taşıma kaplarında ve sıcak su muhafazasında laboratuvara götürülerek 40 °C de saklanmıştır. Laboratuvara getirilen rumen içeriği 4 kat katlanmış olan sargı bezinden süzülmüştür. Önceden hazırlanmış ve 40 °C de ısıtılmış olan erlenlere rumen içeriği 100 mL olarak ilave edilmiştir. Rumen içeriğine çalışmada kullanılacak maddeler de ilave edildikten sonra anaerobik ortamın kaybolmaması için erlenlere CO₂ ilave edilerek ağızları kapatılmıştır.



Şekil 1. *In vitro* Rumen Sıvısı Ölçümleri ve Saklanması

Öncelikle yemler ve kimyasal maddelerin pH ölçümü yapılmıştır. Tampon maddeler için (tampon mader+saf su) ve yemler için (saf su + yem karışımı) ayrı ayrı 1/10 (g/mL) olacak şekilde karışımlar yapılmıştır. Numuneler saf su eklendikten sonra 10 dk çalkalanmıştır. Daha sonra pH ölçümleri HANNA HI2002-01 marka pH ölçer ile yapılmıştır. Çalışmanın 2. kısmında tampon maddelerin ve yemlerin pH tayinleri yapıldıktan sonra laboratuvar ortamına getirilen rumen içerikleri belirlenen oranlarda maddelerle karıştırıldıktan sonra belirlenen sürelerde pH ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Yem Hammaddeleri Besin İçerikleri ve pH Değerleri

Araştırmada çiftliklerde çok kullanılan yem hammaddeleriyle birlikte TMR yem hammaddesi tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan yem besin içerikleri ve pH değerleri belirlenmiştir. Tablo 1’de belirtilen kuru madde içeriklerine göre hesaplamalar yapılarak çalışmada kullanılmıştır. Seçilen yemlerin besin içerikleri farklı olduğu gibi yemin pH değerleride farklıdır.

Tablo 1. Yemlerin Temel Besin Değerleri (%)

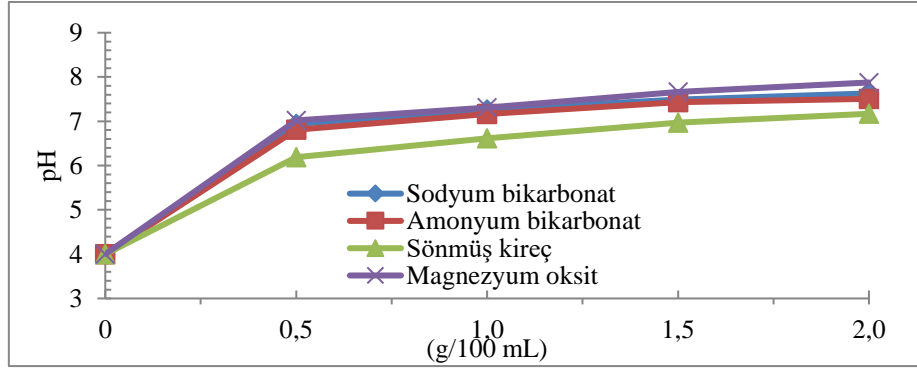
	% KM	% HP	% HK	% HS	% HY	pH
TMR	89.80	12.90	9.50	14.20	3.00	5.50
Sılab	91.30	11.30	12.50	15.20	2.80	3.90
Kesif yem	88	18.50	9.00	12.00	4.50	5.68
Yonca	94.50	17.20	9.20	22.30	2.00	5.87
Saman	91	3.4	7.1	41.7	1.5	5.90

3.2 Tampon Maddelerin pH Değerleri

40 °C sıcaklıkta üç tekerrürlü olacak şekilde tampon maddelerinin her birinden pH değeri sabitleninceye kadar 100 mL saf su içerisine eklemeler yapılmıştır. Çözünen maddenin çözünme miktarı sıcaklığa bağlı değişme gösterdiğinden rumen sıcaklığındaki çözünme miktarını ölçmek amacıyla bu yöntem yapılmıştır. Bu sonuçlara göre pH sabitleninceye kadarki madde ilavelerinin büyükten küçüğe sıralanması; amonyum bikarbonat (9 g), sodyum bikarbonat ve sönmüş kireç (6.5 g), magnezyum oksit (3 g). Çalışma kapsamında kullanılan tampon maddelerin maksimum pH değerleri; sodyum bikarbonat (8.5), amonyum bikarbonat (8.21), magnezyum oksit (9.78) ve sönmüş kireç (12.09) olarak belirlenmiştir.

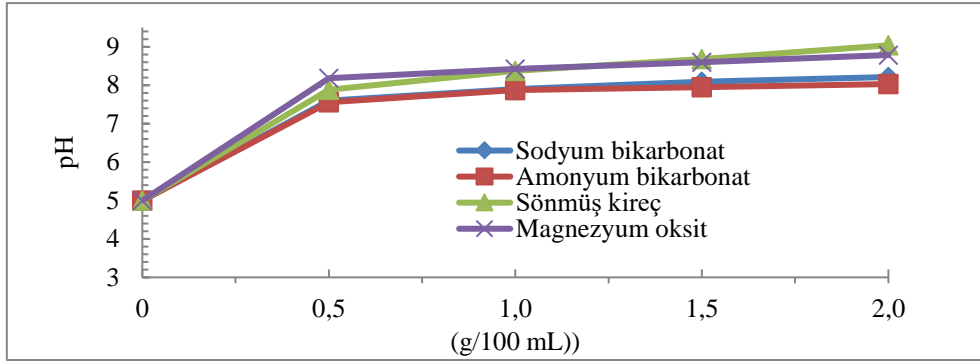
3.2.1. Solüsyonlarda Uygulanan Farklı Dozlardaki Tampon Maddelerinin pH Değişimleri

Rumen düzenleyiciler laboratuvar ortamında ayarlanmış pH solüsyonuna 39-40 °C sıcaklıkta farklı miktarlarda ilave edilip 3 dakika bekletilmiş ve pH değerindeki değişimler incelenmiştir. Çalışmada yapılan analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve ölçüm sonuçlarının ortalaması verilmiştir. pH 4 değerindeyken (Şekil 2.) 100 mL solüsyona magnezyum oksidin 0.5 g ilavesi ile pH 7.02’ye, sönmüş kirecin 0.5 g ilavesi ile pH 6.19’a, amonyum bikarbonatın 0.5 g ilavesi ile pH 6.81’e ve sodyum bikarbonatın 0.5 g ilavesi ile pH 6.94’e değişmiştir.



Şekil 1. pH 4 Solüsyonuna İlave Edilen Tampon Maddelerin pH Değerleri

100 mL solüsyona pH 5 düzeyindeyken; 0.5 g magnezyum oksidin ilavesi ile pH 8.18’e, 0.5 g sönmüş kirecin ilavesi ile pH 7.88’e, 0.5 g amonyum bikarbonatın ilavesi ile pH 7.56’ya ve 0.5 g sodyum bikarbonatın ilavesi ile pH 7.60’a yükselmiştir.

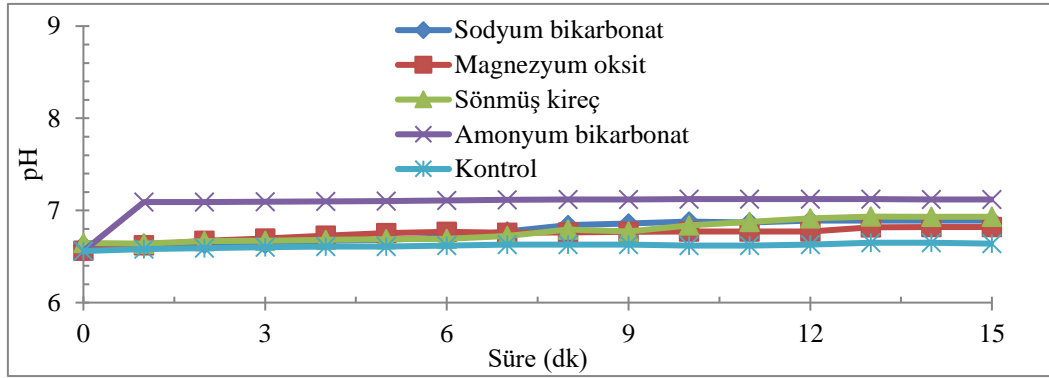


Şekil 2. pH 5 Solüsyonuna İlave Edilen Tampon Maddelerin pH Değerleri

3.3. Rumen İçeriğine İlave Edilen Tampon Maddelerin Dozlara Göre pH Etkilerinin Karşılaştırılması

3.3.1. Rumen İçeriğine 0.5 g İlave Edilen Tampon Maddelerinin 15 dk İçerisindeki pH Değişiminin Karşılaştırılması

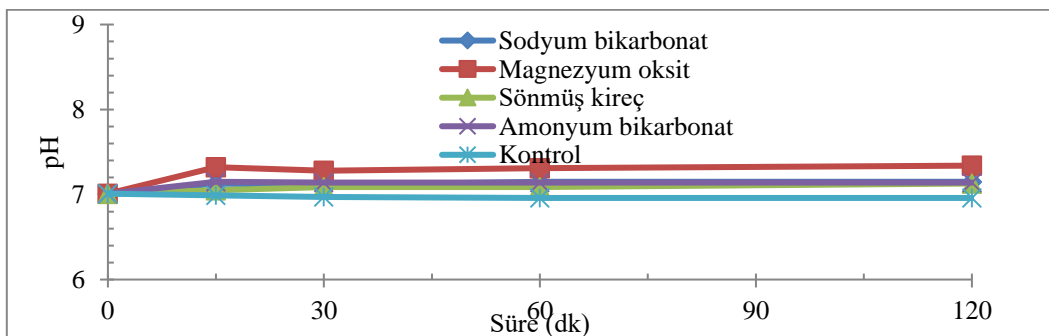
Çalışmada yapılan ölçümlerden ayrı olarak 15. dk'ya kadarki yükseliş eğrisini daha iyi gözlemleyebilmek için rumen içeriğine tampon maddelerinin (0.5 g) ilave edilmesinden itibaren ilk 15 dakika içerisindeki pH değişimlerinde incelenmiştir (Şekil 4). Çalışmada kullanılan tampon maddelerinin rumen içeriğinin pH'sını değiştirme eğrilerine bakılarak genel olarak ilk 15. dk'da, dik bir artış olduğu görülmektedir. Buradaki sonuçlara göre çözünürlük hızlarını dolayısıyla ile reaksiyon hızlarına bağlı pH değişimini görmekteyiz. Kontrole kıyasla amonyum bikarbonat ilavesinde 1. dk sonunda pH 6.56 seviyesinden 7.09'a yükselmiş, 15 dk sonunda ise diğer tampon maddelerine göre en fazla yükselişi göstererek pH 7.12 'ye çıkmıştır. 15 dk sonunda en az yükselişi göstererek pH 6.82 ile magnezyum oksit göstermiştir.



Şekil 4. Tampon Maddelerin (0.5 g) Rumen İçeriğine İlavesindeki 15 dk'lık pH Değişimleri

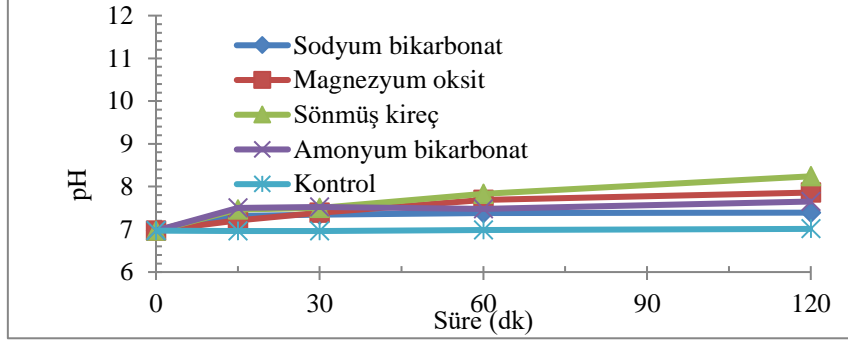
3.3.2. Rumen İçeriğine 0.25 g, 0.5 g, 1.0 g, 1.5 g ve 2.0 g İlave Edilen Tampon Maddelerinin 0 dk, 30 dk, 60 dk, 90 dk ve 120 dk İçerisindeki pH Değişiminin Karşılaştırılması

Denemede kullanılan tampon maddelerin 39-40 °C sıcaklıkta 100 mL rumen içeriğine 0.25 g madde ilavesi ile 15, 30, 60 ve 120 dk olarak tampon özellik gösteren maddelerin birbirleri arasındaki pH değiştirme seviyelerinin ölçümleri yapılmıştır (Şekil 5.). Buna göre pH artışının tampon maddeler arasında yine ilk 15 dk içerisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kontrol grubuna kıyasla 15 dk sonunda en az artış sönmüş kireçte (pH 7.05), en fazla artışta magnezyum oksit ilavesinde (pH 7.32) gözlemlenmiştir. 120 dk sonundaki ölçümlere göre ise pH artış miktarı küçükten büyüğe sıralanacak olursa; sönmüş kireç (pH 7.13), amonyum bikarbonat (pH 7.14), sodyum bikarbonat (pH 7.15) ve magnezyum oksit (pH 7.34) şeklindedir. 120 dk sonunda sönmüş kireç, amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat yaklaşık değerler göstermiştir.



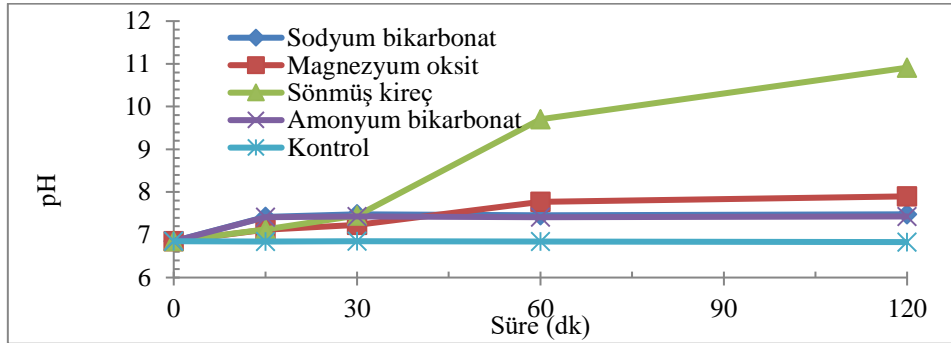
Şekil 5. Tampon Maddelerin (0.25 g) Rumen İçeriğine İlavelerdeki pH Değişimleri

Şekil 6.'da 15 dk sonundaki ölçümlerde başlangıçta rumen içeriğinin pH'sı 7 seviyesinde iken, 0.5 g amonyum bikarbonatın ilavesi ile pH 7.50'ye, 0.5 g sönmüş kirecin ilavesi ile pH 7.46'ya, 0.5 g magnezyum oksidin ilavesi ile pH 7.21'e ve 0.5 g sodyum bikarbonatın ilavesi ile pH 7.31'e, yükselmiştir. 0.5 g ilavelerin ilk 15 dk ölçümleri değerlendirildiğinde artış miktarı azdan yükseğe doğru; magnezyum oksit, sodyum bikarbonat, sönmüş kireç ve amonyum bikarbonat olarak sıralanmaktadır. İlk ilavelerden 120 dakika sonra yapılan ölçüm sonuçlarına göre ise pH değiştirmeleri şu şekildedir; sodyum bikarbonat 7.39, amonyum bikarbonat 7.65, magnezyum oksit 7.86 ve sönmüş kireç 8.24. Buna göre rumen içerişi ideal pH değerlerine en yakın değişim 0.5 g madde ilavelerinde sodyum bikarbonatta gözlemlenmiştir.



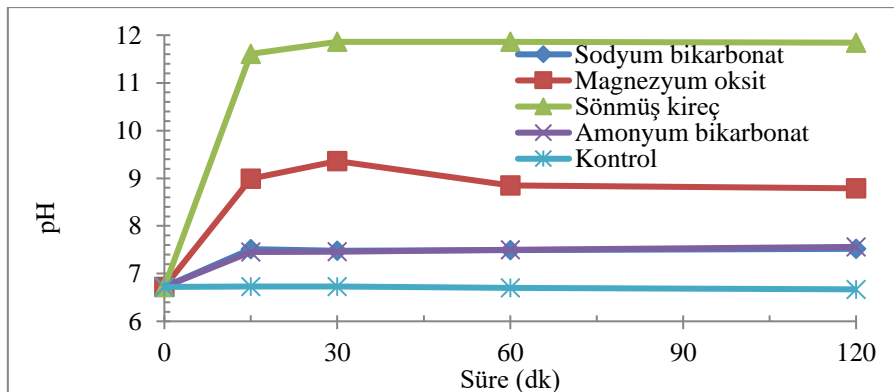
Şekil 6. Tampon Maddelerinin Rumen İçeriğine 0.5 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Tampon maddelerin 1 g, 1.5 g, ve 2 g ilavelerinde amonyum bikarbonatın ve sodyum bikarbonatın yaklaşık olarak aynı eğri üzerinde değişimleri gözlemlenmiştir. Tampon maddelerin rumen içeriğine 1.0 g ilavelerinde sönmüş kirecin pH'sı 10.91 olarak ölçülmüştür (Şekil 7.).



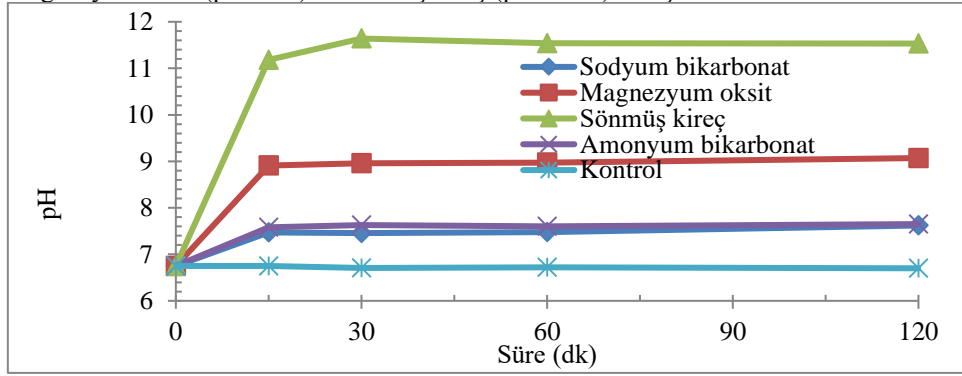
Şekil 7. Tampon Maddelerin Rumen İçeriğine 1.0 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Her ne kadar en fazla artışı sönmüş kireç göstermiş olsada (Şekil 8.) rumen içeriğinde tam çözünememiş olup, gözle görülür derecede çökme meydana gelmiştir. Rumen içeriğine magnezyum oksit ilavesinde de sönmüş kirece yakın derecede çökme meydana geldiği gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Tampon Maddelerin Rumen İçeriğine 1.5 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Önceki ölçümlerde olduğu gibi rumen içeriğine 2 g madde ilave değerlerinde de pH değişimleri genellikle ilk 15 dakika içerisinde gözlemlenmiştir (Şekil 9). 120 dk sonraki ölçüm sonuçlarına göre en düşük değeri sırasıyla, sodyum bikarbonat (pH 7.62), amonyum bikarbonat (pH 7.65), magnezyum oksit (pH 9.07) ve sönmüş kireç (pH 11.53) almıştır.



Şekil 9. Tampon Maddelerin Rumen İçeriğine 2.0 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Kireç ve manezyum oksitin rumen sıvısı içerisindeki çözünme hızı ve miktarı yavaş olduğu için hayvan beslemede kullanılacak miktarının rumen pH'sını bazik hale getirmeyecek şekilde kullanılmasına ihtiyaç vardır. Rumen sıvısı içerisindeki miktarı %0.5'i geçmeyecek şekilde yemin kuru maddesinde ayarlanmalıdır. Kireç ve manezyum oksitin bazik madde olarak kısıtlı oranlarda kullanılması gerektiği tampon özelliği taşımadığı unutulmamalıdır.

Literatürde verilen değerlere göre bazı rumen tamponlayıcı maddelerin günlük yaklaşık kullanım aralıklarını; sodyum bikarbonat (110-225 g/gün), magnezyum oksit (50-90 g/gün), kalsiyum karbonat (115-180 g/gün), sodyum bentonit (225-454), sodyum seskikarbonat (110-225 g/gün), potasyum karbonat (270-410 g/gün) olarak tavsiye edilmektedir (Hutjens, 1991), NRC (2001) tavsiyelerine göre süt sığırlarında ihtiyaca göre verilmeli ve yem içerisinde kalsiyum miktarı %1 geçmesinde özellikle fosfor ve diğer mineral alımlarını etkilediği bildirilmiştir.

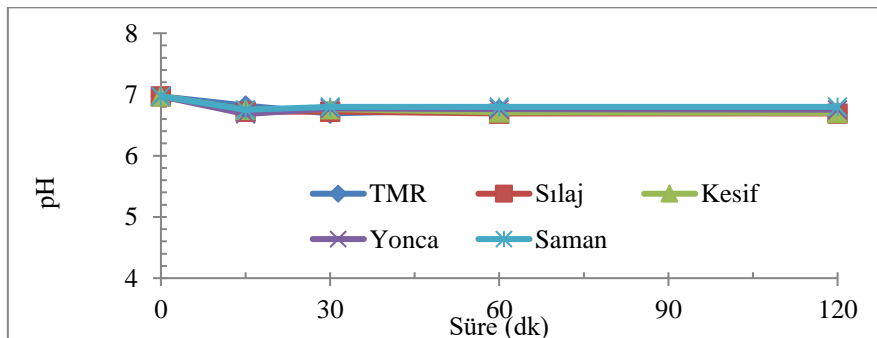
Amonyum bikarbonatın hayvancılıkta kullanımına yönelik çok bir kaynak bulunmamakla birlikte protein yapısında olmayan azot kaynağı olmasından dolayı kullanımında diğer azot kaynakları gibi sınırlandırmaya ihtiyaç vardır. Sığırlarda kullanılacak maksimum üre miktarı 0.1g/kg canlı ağırlık/gün olarak tavsiye edilmiştir (Parkes ve Shilton, 2011).

Ülger ve Küçük (2014), tarafından yapılan bir çalışmada süt sığırlarında magnezyum oksit kullanımı 2 aşamalı olarak araştırılmıştır. Birinci aşamaya göre laktasyonun ilk 70 günündeki süt sığırı rasyonlarına ilave edilen magnezyum oksit (MgO) (100 g/baş/gün) uygulamasının; süt verimini, yemden yararlanmayı, rumen, dışkı, idrar ve süt pH'sını yükselttiği, ancak süt yağını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Erken laktasyonda süt inekleri için NaHCO₃ ve magnezyum oksit (MgO) kullanımı ile ilgili olarak, NaHCO₃'ün etki göstermediğini, MgO'nun ise dışkı pH'sını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir (Erdman ve ark, 1980).

3.4. Rumen İçeriğine İlave Edilen Yemlerin Dozlara Göre pH Etkilerinin Karşılaştırılması

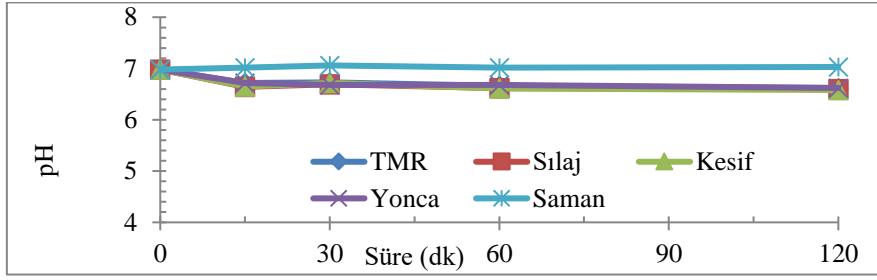
Tampon maddelerde olduğu gibi denemede kullanılan yemlerin de 39-40 °C sıcaklıkta laboratuvar ortamında 0.5 g, 1 g, ve 2 g ilavelerinin rumen içerik pH'sına etkilerine bakılmıştır. Farklı yemlerin aynı dozlarda ki uygulamalarının rumen içerik pH'sını ne kadar değiştirdiğine ve birbirlerine kıyasla farklarının ne olduğuna 15 dk, 30 dk, 60 dk ve 120 dk olarak bakılmıştır.

Rumen içeriğinin başlangıçta pH'sı 6.97 seviyesinde iken 0.5 g yem ilavesi ile yine ilk 15 dakika içerisinde pH hızlı düşmüş, daha sonra düzenli bir eğri oluşmuştur (Şekil 10.). 15. dk sonundaki ölçümlere göre, 0.5 g yonca ilavesi ile pH 6.68'e, 0.5 g silaj ilavesi ile pH 6.72'ye, 0.5 g kesif yem ilavesi ile pH 6.75'e, 0.5 g TMR ilavesi ile pH 6.82'ye, ve 0.5 g saman ilavesi ile pH 6.75'e ve düşmüştür. 0.5 g ilavelerin ilk 15 dk ölçümleri değerlendirildiğinde pH azalış miktarı en az TMR de en fazla yoncada gözlemlenmiş, saman ve kesif yem ilavelerindeki pH değişimleri aynı ölçülmüştür. 30. dk'dan sonra pH eğrileri 6.70-6.80 arasında paralel doğrultuda devam etmiştir.



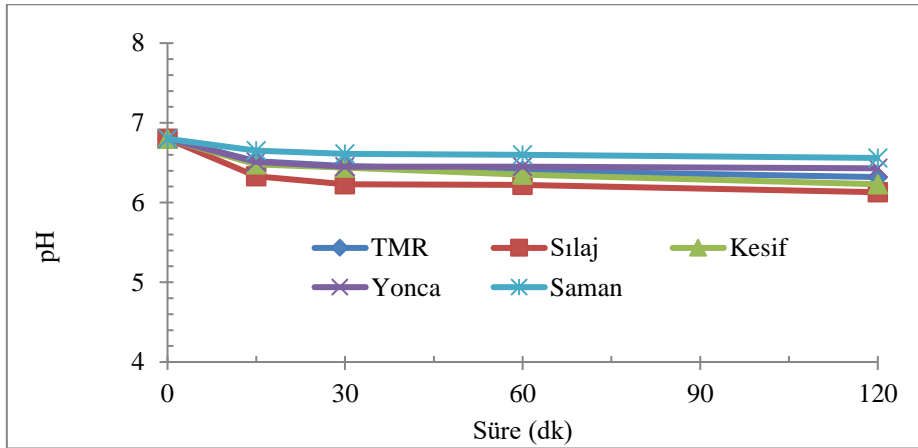
Şekil 10. Yemlerin Rumen İçeriğine 0.5 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Yemlerin rumen içeriğine 1g ilaveleri incelendiğinde (Şekil 11.) başlangıçta 6.98 olan rumen içerik pH'sı ilk 15 dk. da samanda artmış, diğer yemlerde birbirlerine benzer şekilde azalmıştır. 15 dk sonundaki pH azalış miktarları büyükten küçüğe; sılaj (pH 6.64) ve kesif yem (pH 6.65) şeklindedir. 3. Sırada ise aynı pH'da olan TMR ve yonca (pH 6.72) bulunmaktadır. Samanın (1 g) sadece bu uygulamada pH değerini arttırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Yemlerin Rumen İçeriğine 1 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Yemlerin rumen içeriğine ilave edilen 2 g doz uygulamalarında, diğer yem uygulamalarına kıyasla madde miktarının da artması ile pH değişimlerinin en fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 12). Daha önceki ölçümlerde olduğu gibi benzer şekilde pH değişimleri ilk 15 dk içerisinde olup en fazla pH değişimi başlangıca kıyasla (pH 6.80) sırasıyla sılaj, kesif yem, yonca, TMR ve samanda gözlemlenmiştir. 120 dk sonundaki pH ölçümlerine bakıldığında en düşük pH; sılaj (pH 6.13), kesif yem (pH 6.23), TMR (pH 6.32), yonca (pH 6.43) ve saman (pH 6.56) şeklinde sıralanmıştır.

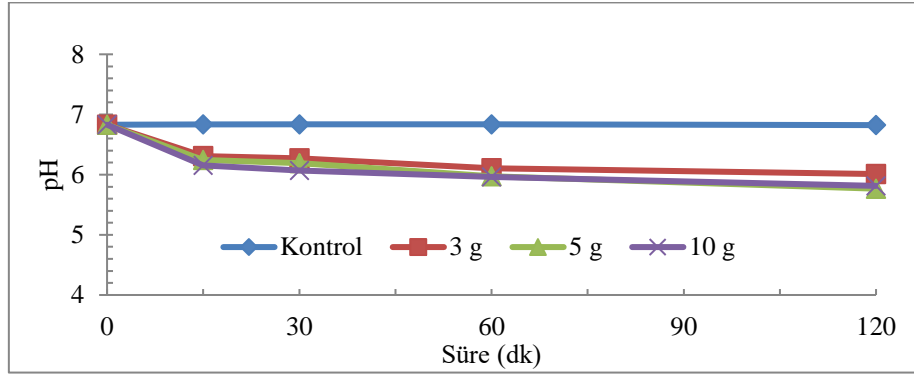


Şekil 12. Yemlerin Rumen İçeriğine 2 g İlavelerdeki pH Değişimleri

Hayvanların besin madde ihtiyaçlarını eksiksiz olarak karşılayabilmek için rasyonda yer alan yemlerin sindirilebilirliklerini bilmek şarttır (Akyıldız, 1984). Özellikle pH 5.2-6 aralığında iken aktif görev yapan rumen mikro organizmaları tarafından selüloz rahatlıkla sindirilmektedir. Rumende meydana gelen pH değişimleri mikroorganizmaların çeşitliliğine ve faaliyetine etki etmektedir. Ası (1999), rumen içerisindeki pH seviyesi 5 ve altına düştüğünde laktik asit bakterilerinin hızlı bir şekilde çoğaldığını ve glikozu laktik asite (pKa 3.8) dönüştürdüğünü belirtmiştir. Enemark vd. (2002), selülotik aktivite için pH aralığını (pH 6-7), rumen içerisinde fiziksel pH aralığını (pH 5.5-7), sublinik rumen asidozun pH aralığını (pH 5-5.5), akut klinik rumen asidozun pH aralığını (pH 5<) çalışmalarında ortaya koymuşlardır. Enemark vd. (2002), selülotik aktivite için pH aralığını (pH 6-7), rumen içerisinde fiziksel pH aralığını (pH 5.5-7), sublinik rumen asidozun pH aralığını (pH 5-5.5), akut klinik rumen asidozun pH aralığını (pH 5<), araştırmalar sonucunda ifade etmişlerdir. Bölükbaşı (1989), rumende oluşan UYA miktarının tüketilen rasyon kuru maddesinin %20 si kadar olduğunu ifade etmiştir. Umucalılar ve Şeker (1998), sılaj, saman ve kuru ot gibi yemlerle beslenme sonucunda bütirik asit %10-15, propiyonik asit %15-20 ve asetik asit % 60-70 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Literatürde normalin altında bağırsak pH değerleri ile dışkıda hatırı sayılır miktarda nişasta içeriğinin olduğu belirlenen hayvanların tamamen konsantrasyonla beslenen hayvanlar olduğu bildirmiştir. Bu gözlemlere göre yüksek konsantrasyonla yemle beslenmelerde azalan nişasta sindiriminin, kısmen, optimal pH değerinin altındaki pH değerlerine bağlı olarak, ince bağırsakta pankreatik alfa amilaz aktivitesinin azalmasıyla alakalı olabileceği tahmin edilmektedir (Long, 1961). Kern vd. (1974), tamamen saman yemleri ile beslenen hayvanların bağırsak pH değerlerinin 7.0 ile 7.3 arasında farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir.

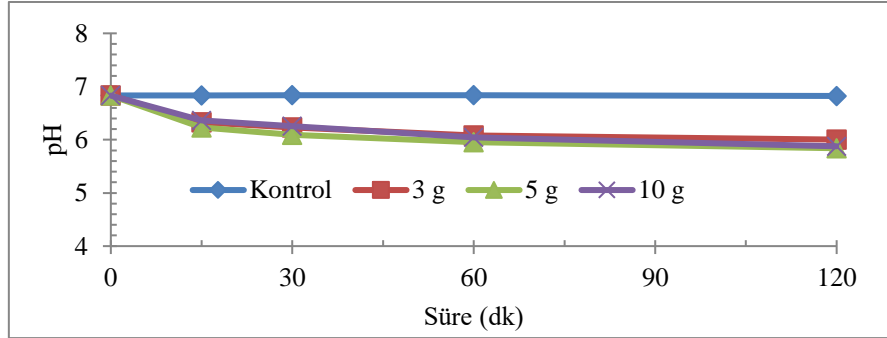
Kesif yem kullanımında nişasta ve suda çözünabilir karbonhidrat oranı yüksek olduğu için rumende kolay parçalanabilir karbonhidrat miktarı tampon madde kullanımını belirleyen en önemli faktördür. Bu yüzden kesif yemin rumen içeriğinin pH'sını ne kadar değiştireceği 3 g, 5 g ve 10 g ilaveler ile bakılmış ve 120 dk ölçümlü sonuçlar Şekil 13.'teki gibi belirlenmiştir. Kesif yemin rumen içeriğine ilavesi

ile 120 dk sonundaki pH değişimleri; 3 g ilavesinde pH 0.82 (pH 6.01), 5 g ilavede 1.06 (pH 5.77) ve 10 g ilavede (pH 1.02) de ilk pH ya göre 1.02 düşmüştür. Hızlı pH düşüşleri benzer şekilde yine ilk 15 dk içerisinde olmuştur.



Şekil 13. Kesif Yemin Rumen İçeriğine 3 g, 5 g ve 10 g Uygulamalarındaki pH Değişimi

Diğer aşamada rumen içeriğine sodyum bikarbonat ve kesif yem karışımı 3 g, 5 g ve 10 g ilave edilip pH değişimi incelenmiştir (Şekil 14.). Çalışma 100 mL rumen içeriğine 60 g yem karışımı olacak şekilde planlanmış; 0.6 g sodyum bikarbonat 59.4 g yeme eklenerek ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Kesif yem + rumen içeriği, sodyum bikarbonat + kesif yem + rumen içeriği karışımına göre kıyaslanacak olursa pH değişimleri her ikisinde de benzer farklılık göstermiştir. Değişim pH ları değerlendirilecek olursa 10 g ilavede pH 5.88'e, 5 g ilavede pH 5.84'e ve 3 g ilavede pH 6.0' ya düşmüştür. En fazla düşüş 5 g ilavede tespit edilmiştir (-1.06).

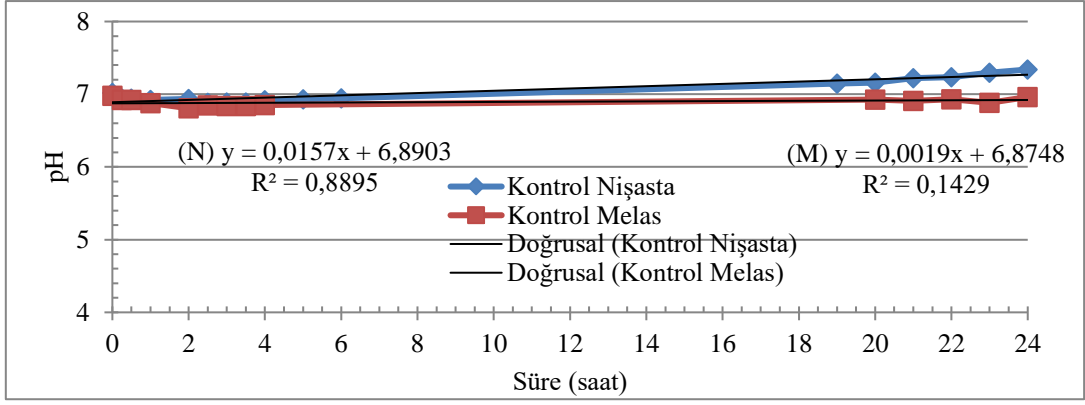


Şekil 14. Rumen İçeriğine Sodyum Bikarbonat ve Kesif Yem İlavesi İle pH Değişimi

pH değeri kesif yem kullanımının artmasıyla zamana bağlı olarak düşüş göstermiştir. Nişastanın rumen pH'sına olan olumsuz etkisi sodyum bikarbonat ilavesiyle azalmıştır. Belirlenen sonuç sahada kullanılan sodyum bikarbonat tampon maddesini destekler niteliktedir. Hernekadar bu sonuçlar sahaya desteklese de sodyum kullanımının hayvanlarda sodyum zehirlenmesini tetiklemeyecek şekilde planlanmasına dikkat edilmelidir. Umucalılar ve Şeker (2000), tarafından yapılan bir çalışmada arpa, buğday, mısır ve yulaf gibi tane yemlerle beraber rasyona %0.5, %1.0 ve %1.5 düzeyinde sodyum bikarbonat (NaHCO_3) ilave edilmiş, bu oranlardaki ölçüm sonuçlarının kontrol gruplarından farklı olmadıkları, %1.5 NaHCO_3 katılan grupta buğday ve yulaf için belirlenen 6.83 değerinin arpadan (6.60) önemli ölçüde yüksek olduğu ifade edilmiştir. Gökçe ve İmren (1998)'in asidotik karakterdeki yemlere (buğday ezmesi) %3, %6 ve %9 oranında sodyum bikarbonat katıldıktan sonra koyunların ruminal asidozdan ne derece korunduklarını saptamak amacıyla yaptıkları çalışmalarına göre ise sodyum bikarbonat ilavesinin asidozdan koruduğu tespit edilmiştir. NaHCO_3 'ün lif sindirilebilirliğini artırdığı (Erdman vd. 1982) rumen pH'sını düzenleyerek selülotik bakteriler için uygun yaşama ortamı sağladığı aktarılmıştır. Trenkle (1979), laktasyondaki ineklere NaHCO_3 eklenerek protein kullanımının sağlanabileceğini tespit etmiştir. Ancak Erdman vd. (1982), 40:60 tahıl rasyonunda % 1 ilave edilen NaHCO_3 'ün azot dengesinin iyileştirmediğini savunmuştur.

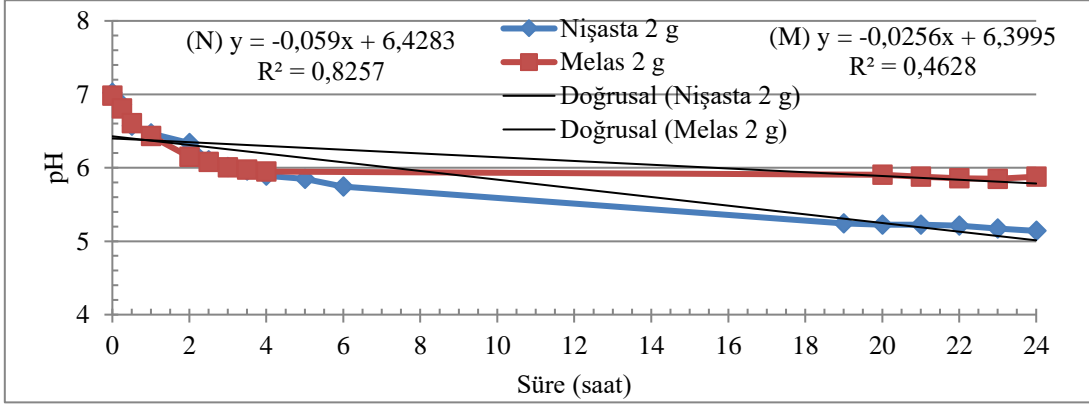
3.5. Rumen İçeriğine İlave Edilen Nişasta ve Melasın Dozlara Göre pH Etkilerinin Karşılaştırılması ve Doğrusal Eğim Grafikleri

Her bir inkübasyonda kullanılan kontrol gruplarından elde edilen pH değişimi Şekil 15.'te gösterildiği gibidir. Kontrol grupları arasında pH değişimleri arasında çok az bir farklılık olması, melas ve nişasta gruplarında kullanılan rumen içeriğindeki farklılığın olmadığını göstermektedir.



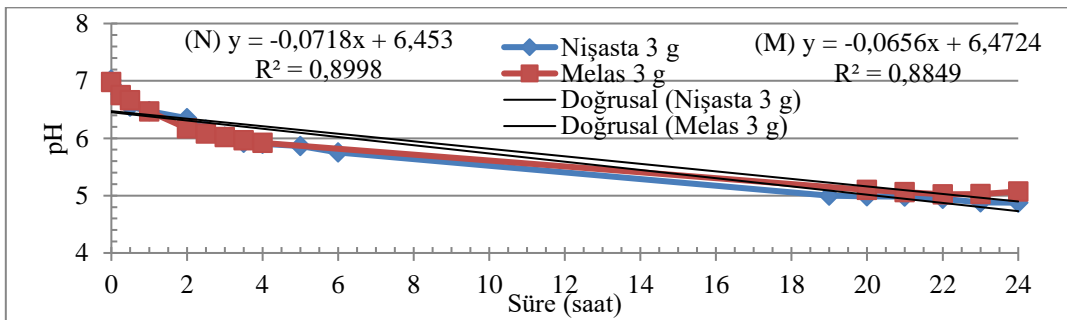
Şekil 15. Nişasta ve Melas Uygulamalarında Rumen İçeriğine Kontrol Grubu

Şekil 16.'da %2 nişasta veya melas ilavesi sonucu inkübasyonda süreye bağlı pH değişimleri gösterilmiştir. Rumen içeriğine ayrı ayrı ilave edilen 2 g nişasta ve melasın karşılaştırmalı grafiğinde 7 saatte pH 6 civarında gözlemlenmiştir. 16. saatten itibaren pH 5.5 civarına inmesiyle asidoz başlangıcının olduğu belirlenmiştir. 2 g nişasta ilavesinde 7. Saatten sonra rumende selülotik bakterilerin yaşama ortamının olumsuz olduğu, 24 saat sonunda asidoz olduğu gözlemlenmiştir (pH 5.14).



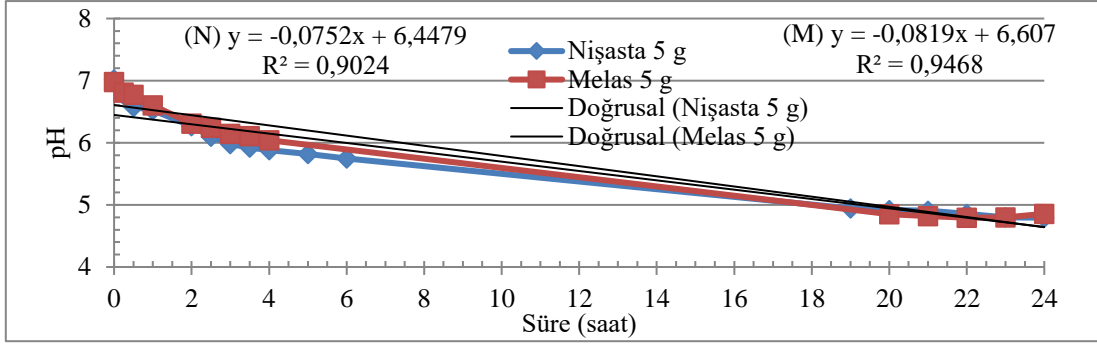
Şekil 16. Rumen İçeriğine Nişasta ve Melas (2 g) İlavesi İle pH Değişimi

Şekil 17'de %3 nişasta veya melas ilavesi sonucu inkübasyonda süreye bağlı pH değişimleri aktarılmıştır. 3 g ilave edilen nişasta ve melasın rumen içeriği pH değişimine göre yaklaşık olarak 8. saatten sonra asidoz olduğu gtespit edilmiştir. Kullanılan %3'lük nişasta veya melas ilavesinde fermentasyon sonucu %3 melas ilave edilen örneklerde pH'nın hızlı değişmesi beklenirken %3'lük nişasta ilave edilen örneklerde zamana bağlı pH değişimleri düzeyleri arasında farklılık tespit edilememiştir.



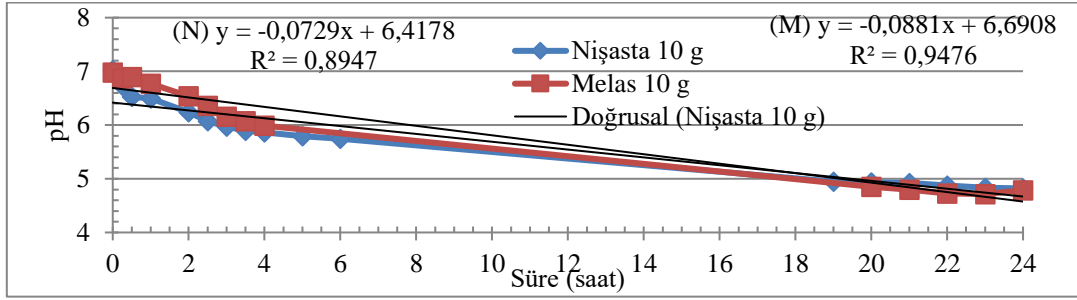
Şekil 17. Rumen İçeriğine Nişasta ve Melas (3 g) İlavesi ile pH Değişimi

Şekil 18.'de %5 nişasta veya melas ilavesi sonucu inkübasyonda süreye bağlı pH değişimleri gösterilmiştir. Ayrı ayrı 5 g ilave edilen nişasta ve melasın rumen içeriği pH değişimine göre yaklaşık olarak 6. saatten sonra asidoza sebep olduğu belirlenmiştir. Burada da %3 lük ilavede olduğu gibi nişasta veya melas kullanımına bağlı pH değişimi arasında farklılık tespit edilememiştir.



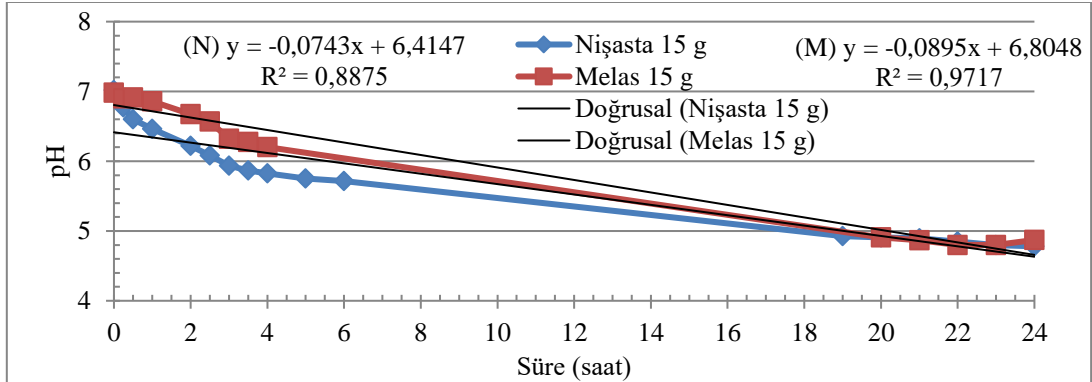
Şekil 18. Rumen İçeriğine Nişasta ve Melas (5 g) İlavesi İle pH Değişimi

Şekil 19'da %10 nişasta veya melas ilavesi sonucu inkübasyonda süreye bağlı pH değişimleri gösterilmiştir. Aynı ayrı 10 g ilave edilen nişasta ve melasın rumen içeriği pH değişimine göre yaklaşık olarak 6. saatten sonra asidoz olduğu gözlemlenmiştir. Burada da %3 ve 5'lik nişasta veya melas ilavesinde olduğu gibi %10'luk kullanımında da pH değişimleri arasında da farklılık belirlenememiştir.



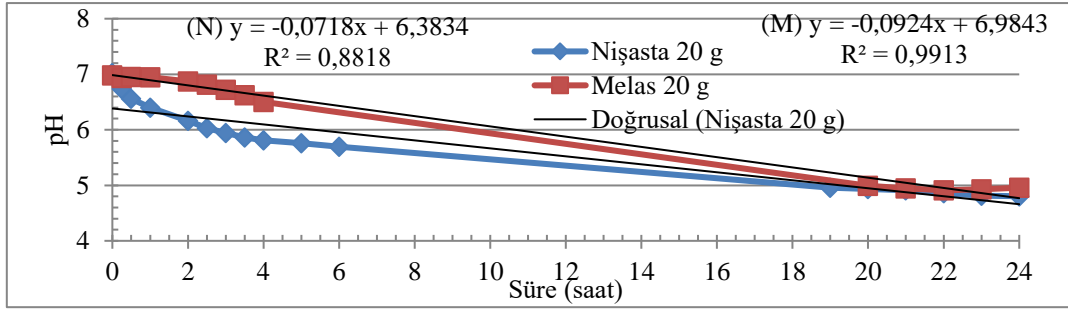
Şekil 19. Rumen İçeriğine Nişasta ve Melas (10 g) İlavesi İle pH Değişimi

Şekil 20.'de %15 nişasta veya melas ilavesi sonucu inkübasyonda süreye bağlı pH değişimleri gösterilmiştir. Burada da %3 - 10'lık nişasta veya melas ilavesinde olduğundan farklı olarak %15'lik kullanımında da pH değişimleri melas ve nişasta arasında farklılık görülmeye başlamıştır. Nişasta suda çözünmediği için aşağıya çökmeye başlamıştır ama fermentasyona negatif bir etkisi olmamıştır. Fakat melasın rumen içeriğinde çözünmesi ve rumen derişimini değiştirmesine bağlı olarak fermentasyonu ilk başlarda yavaşlattığı gözlemlenmiştir. 24 saat sonuna doğru pH düzeyleri hemen hemen bütün ölçümlerde aynı olmuştur.



Şekil 20. Rumen İçeriğine Nişasta ve Melas (15 g) İlavesi İle pH Değişimi

Şekil 21'de %20 nişasta veya melas ilavesi sonucu inkübasyonda süreye bağlı pH değişimleri gösterilmiştir. Burada da %20'lik nişasta veya melas ilavesinde olduğu gibi zamana bağlı pH değişimleri arasında farklılık tespit edilmiştir. 24 saat sonuna doğru pH düzeyleri hemen hemen aynı seviyelerdedir.



Şekil 21. Rumen İçeriğine Nişasta ve Melas (20 g) İlavesi İle pH Değişimi

Hayvanların tükettikleri yem ve su miktarı ağırlıkça belirlenerek, laboratuvarda rumen içeriğine ilave edilen tampon maddelerinin ağırlıkları hayvanın yediği miktardaki yem+su ağırlığına oranlanarak hayvana verilmesi gereken tampon maddelerinin hesaplamaları yapılmıştır. Tampon maddesine hangi saatte ihtiyaç olduğunun belirlenmesi için nişasta ve melas ilavesi sonucu 24 saatlik pH değişimlerinin grafiği oluşturulmuştur. Elde edilen doğrusal eğim grafiği üzerinden inkübasyona bağlı pH değişimi denklemi hesaplanmıştır. pH 5.8 asidoz başlangıcı olmak üzere farklı pH düzeylerine ne kadar sürede ulaştığı denklem üzerinden hesaplanmıştır. Tablo 2.'de nişastanın farklı düzeylerde inkübasyon sonuçlarını gösteren grafiklerden elde edilen verilerden oluşturulan denklemlerle hesaplanan farklı pH değerlerine hangi inkübasyon saatinde ulaştığı hesaplanmıştır. Tablo 2.'de görüldüğü üzere inkübasyon süreleri %2 ve %3 nişasta kullanımında daha uzun sürmektedir fakat %5-20 nişasta konulmasında fermentasyon pH'sı arasında bir farklılığa yol açmadığı tespit edilmiştir. Dolayısı ile aralıklarda nişastanın sindirilebilirlik hızı değişmediğinden daha fazla nişasta ilave edilmesi de pH değişiminde farklılıklara sebep olmamıştır.

Tablo 2. İnkübasyon Zamanına ve Kullanılan Nişasta Miktarına Bağlı Değişen pH Değerleri

pH	Nişasta					
	2 g	3 g	5 g	10 g	15 g	20 g
5.8	10.65	9.09	8.62	8.47	8.27	8.56
5.5	15.73	13.27	12.61	12.59	12.31	12.74
5	24.21	20.24	19.25	19.45	19.04	19.70

Tablo 3.'te melasın farklı düzeylerde inkübasyon sonuçlarını gösteren grafiklerden elde edilen denklemlerden hesaplanan farklı pH değerlerine hangi inkübasyon saatinde ulaştığı hesaplanmıştır. Tablo 3.'te de görüldüğü üzere inkübasyon süreleri %2 ve 3 melas kullanımında daha uzun sürmektedir fakat %5-20 nişasta konulmasında fermentasyon pH'sı arasında bir farklılığa yol açmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısı ile melasın fermentasyon hızı değişmediğinden daha fazla melas ilave edilmesi pH değişimini etkilememiştir.

Tablo 3. İnkübasyon Zamanına ve Kullanılan Melas Miktarına Bağlı Değişen pH Değerleri

pH	Melas					
	2 g	3 g	5 g	10 g	15 g	20 g
5.8	23.42	9.14	9.85	10.11	11.23	12.82
5.5	35.14	13.71	13.52	13.52	14.58	16.06
5	54.67	21.33	19.62	19.19	20.17	21.48

Nişasta ve melas grafikleri ve hesaplanan sonuçlara göre; %2 lik melasın hızlı fermente olduğu 4 saat içerisinde tükendiği pH değerlerinden anlaşılmaktadır. Bunun yanında %2 lik nişasta sindirilmesi daha çok zaman almış ve pH 6'nın altına daha uzun zaman da düşmüştür. %3 -5 nişasta veya melas kullanılan grafiklerde ve hesaplamalarda görüleceği üzere inkübasyon süresine bağlı pH değişimleri hemen hemen aynıdır. %10-20 arasında melas kullanımında pH değişiminin nişastayla kıyaslandığında fermentasyonu yavaşlattığı görülmektedir. Dolayısı ile yüksek şekerin nişastaya oranla rumen mikroorganizmalarını negatif yönde etkilediği söylenebilir. Chalupa (1983), kalsiyum karbonatın, ince bağırsağa geçen nişasta miktarına bağlı olarak değişen bağırsak pH'sini düzenleyip, pankreatik alfa amilaz aktivitesi için optimum değere yakınlaraştırıp düzenleyici özelliği ile etki ettiğini ifade etmiştir. Hill (1962)'e göre kireçtaşı gastrointestinal sistemden yavaş yavaş emildiği için daha etkili bir bağırsak tamponudur. Emziren ineklerle yapılan beslenme denemelerine göre, mısır silajı ve mısır tanesi ile beslenen süt veren düve yemlerine, kireçtaşı tamponu ilavelerinin dışkıdaki nişasta kayıplarını azalttığı, dışkı pH'sını artırdığı ve genel yem verimliliğini artırdığı belirtilmiştir (Wheeler, 1976).

3.6. İneklerin verim dönemlerine göre su ve kuru madde tüketimine bağlı dönemlik tampon madde ihtiyaçlarının hesaplanması

Hartnell ve Satter (2011), belirli CA'taki ineklerin, laktasyon haftalarına göre su tüketimlerini, kuru madde tüketimlerini ve süt verimlerini Tablo 4.'teki gibi belirtmişlerdir. Bu verilerden faydalanılarak ineklerin verim dönemlerine göre su ve kuru madde tüketimine bağlı dönemlik tampon maddelerinde bulunan ve normalde rasyona konulabilecek Na, Ca, MgO, Üre miktarları hesaplanmıştır. Hayvanların ihtiyacı olan Na, Ca, MgO, Üre miktarı yemde olan miktarları analiz edilip eksik kalan kısımları tampon maddeleri ile tamamlanabilir. Bu düzeylerden fazla kullanmak hayvanlarda beslenme kaynaklı problemler oluşturabilir.

Tablo 4. Canlı Ağırlık, Süt Verimi, Su ve Kuru Madde Tüketimlerine Göre Laktasyon Haftalarındaki İnekler (Hartnell ve Satter, 2011)

	Laktasyon süresi (haftalar)			
	(Kuru dönem) -8 - 0	0-12	13-24	25-44
Kaba yem: Kesif yem	82.5: 17.5	45:55	57:43	25:44
Canlı ağırlık (kg)	700	606	628	656
Süt üretimi (kg / gün)	0	28.5	24.4	16.2
Su tüketimi (kg / gün)	19.8	17.6	0.9	78.6
Kuru madde tüketimi (kg / gün)	10.8	16.9	19.8	17.6
*Rasyonun %0,196 kadar Na (g/gün)	21.168	33.124	38.808	34.496
*Rasyonun %1 kadar Ca (g/gün)	108	169	198	176
*Canlı Ağırlığın %0,6 kadar MgO (g/gün)	420	363,6	376.8	393.6
*Canlı Ağırlığın %0,1 kadar Üre (g/gün)	70	60,6	62.8	65.6

*Kuru madde tüketimi ve canlı ağırlığa bağlı hesaplanan tüketilebilecek tampon madde miktarları.

4. Sonuç

Rumen pH sını tamponlamak için kullanılacak ürünlerde suda veya rumen sıvısında çözünürlük hızı ve miktarı rumen pH sına etki etmektedir. Bir kısım ürünler tampon özelliği gösterirken kullanılan diğer ürünler bazik özellik gösterdiğinden pH'nın istenilmeyen seviyelere çıkmasına sebep olmaktadır. Rumende asitliğin düşmesini engellemek veya pH'sı düşük bir ortamın hızla normal pH ulaşmasını sağlamak isteniyorsa tampon maddeleri tercihi ve yemleme stratejileri iyi düşünülmelidir.

Yem maddelerinin kendi pH'sı rumen pH'sını etkilemektedir. Dolayısı ile rasyonda kullanılacak yem hammaddelerinin seçimi ve oranı rumen pH sına değiştirmektedir. Rumen pH'sının düşmesine etki eden en önemli faktör suda çözünen karbohidrat ve nişasta miktarıdır. Yem içerisinde fazla nişastanın bulunması, nişastanın parçalanma hızına bağlı olarak, pH'nın düşmesine sebep olurken yüksek melas kullanımı, rumen bakterilerinde hipertonic ve düşük pH değerine sahip bir ortam oluşturduğundan, fermantasyonun yavaşlamasına sebep olmaktadır. Melasla kıyaslandığında nişasta bileşenlerinin sindiriminin yavaş olması hayvanlara aynı miktarlarda verilse bile nişastadan kaynaklı asidoz daha az olmaktadır. Özellikle mısır nişastası yüksek verimli hayvanların beslenmesinde tercih edilmektedir.

Hayvanlarda rumen içeriğindeki yemlerin tamamen sindirime uğraması ile birlikte, rumen içerisinde yem kalmadığı için pH yükselme göstermektedir. Acıkan hayvanların ihtiyaçlarını gidermek için aniden verilen yemler (özellikle pH sını düşük olan kesif, sılag vb.) hızlı bir şekilde rumen içerik pH'sında düşüşe sebebiyet verecek ve asidoz riski artacaktır. Bu riskten kurtulmak için hayvan önünde sürekli kaba yem bulundurarak hızlı kesif yem alımının önlenmesi gerekmektedir.

Sodyum bikarbonata eşdeğer veya alternatif tampon maddelerinin incelenmesinde kullanılan diğer üç farklı kimyasalında rumen pH'sını yükselttiği gözlemlenmiştir. Özellikle sodyum düzeyinin aşılmasında oluşabilecek diğer problemlerin azaltılması ve mineral ihtiyacının karşılanması (magnezyum oksit) ya da mikroorganizmaların azot ihtiyacının karşılanması (amonyum bikarbonat) veya daha ucuz tampon maddesi (sönmüş kireç) kullanılmak isteniyorsa, bu maddelerin tek başlarına ya da karışım olarak kullanılması, hayvanın ihtiyacı ve kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Yapılan bu çalışmada önemli sonuçlar alınmış olsada, laboratuvar ortamında alınan bu sonuçların teyit edilmesi ve modellenmesi için hayvanlar üzerinde de benzer çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Kaynakça

- Akyıldız, A.R., 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 895, Uygulama Kılavuzu: 213, Ankara.
- Ası, T., 1999. Tablolarla Biyokimya Ders Kitabı, Ankara.
- Beal, A.M., 1974. Proceedings: A Chronic Re-Entrant Parotid Duct Cannula For Long-Term Salivary Collection and Replacement in the Sheep. J. Physiol 242, 22-24.
- Boisen, S., Eggum, B.O., 1991. Critical Evaluation of *In Vitro* Methods For Estimating Digestibility in Simple-Stomach Animals.

- National Institute of Animal Science, Foulum, DK-8830 Tjele, Denmark.
- Bölükbaşı, M.F., 1989. Fizyoloji Ders Kitabı. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, 413 Ankara.
- Chalupa, W.F., Kronfeld, D.S., 1983. Buffers For Dairy Cattle. *Animal Nutrition Health* (May-June), 50-56.
- Church, D.C., 1984. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.
- Counotte, G.H.M., Klooster, A., Kuilen, J., Prins, R.A., 1979. An Analysis of the Buffer System in the Rumen of Dairy Cattle. *Journal of Animal Science*, 49, 6, 1, 1536-1544.
- Dodurka, T., 2012. Ders Notu, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Enemark, J.M., Jorgensen, R.J., Enemark, P., 2002. Rumen Acidosis With Special Emphasis on Diagnostic Aspects of Subclinical Rumen Acidosis: a Review. *Veterinarija Ir Zootechnika*. T., 20-42.
- Erdman, R. A., Botts, R. L., Hemken, R.W., L. Bull, S., 1980. Effect of Dietary Sodium Bicarbonate and Magnesium Oxide on Production and Physiology in Early Lactation. *Journal of Dairy Science*. 63:923.
- Erdman, R.A., Hemken, R.W. Bull, L.S., 1982. Dietary Sodium Bicarbonate and Magnesium Oxide for Early Postpartum Lactating Dairy Cows: Effects on Production, Acid-Base Metabolism, and Digestion. *Journal of Dairy Science*, 65, 712.
- Garipoğlu, A.V., Sarıççek, B.Z., 2000. Rumen Bakterileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (3), 131-137.
- Gökçe, G. İmren, H.Y., 1998. Koyunlarda Ruminal Asidozis Olaylarının Yemlere Sodyum Bikarbonat ilavesiyle Koruyucu Tedavi Denemeleri Üzerinde Çalışmalar. *Tr. Journal. of Veterinary and Animal Sciences*. 22, 333-343.
- Hartnell, G., Satter L., 2011. Determination of Rumen Fill, Retention Time And Ruminal Turnover Rates of Ingesta at Different Stages Of Lactation in Dairy Cows. *Journal of Animal Science*, 48, 2, 706.
- Hill R., 1962. The Provision And Metabolism of Calcium and Phosphorus in Ruminants. *World Review Nutrition Dieter*, 3,130.
- Hutjens, M.F., 1991. Feed Additives. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. 7, 525-540.
- Kahraman, M., Arıcı, M., 2020. Ekşi Hamur Fermentasyonu ile Üretilmiş Kek Hamurunun Laktik Asit Bakterileri Çeşitliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 32-42.
- Kay, R.N.B., 1960. The Rate of Flow and Composition of Various Salivary Secretions in Sheep and Calves. *Journal of Physiology*, 150, 515-537.
- Kern, D.L., Slyter, L.L., Leffel, E.C., Weaver, J.M., Ohjen, R.R., 1974. Ponies vs. Teers: Microbial and Chemical Characteristics of Intestinal Ingesta. *Journal of Animal Science* 38, 559.
- Lederberg, J., 1992. *Encyclopedia of Microbiology*. Academic press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, New York.
- Long, C., 1961. *Biochemists Handbook*. D. Van Nostrand Co., New York.
- Mickdam, E., Khiaosa-ard, R., Metzler-Zebeli, B.U., Klevenhusen, F., Chizzola, R., Zebeli, Q., 2016. Rumen Microbial Abundance and Fermentation Profile During Severe Subacute Ruminal Acidosis and it's Modulation by Plant Derived Alkaloids *in Vitro*. *Institute of Animal Nutrition and Functional Plant Compounds. Science Direct Anaerobe*, 39, 4-13.
- Nocek, J.E., 1997. Bovine Acidosis: İmplications on Laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80, 1005-1028.
- Murphy, M.R., Baldwin, R.L., Koomg, L.J., 1982. Estimation of Stoichiometric. Parameters for Rumen Fermentation of Roughage and Concentrate, *Journal of Animal Science*, 55, 411-421.
- NRC., 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC.
- Oetzel, G.R., Norlund, K.V., Garrett, E.F., 1999. Effect of Ruminal pH and Stage of Lactation on Ruminal Lactate Concentrations in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82,38.
- Owens, F.N., Goetsch, A.L., 1988. *Ruminal Fermentation. The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. D. C. Church, ed. P, 145-171.
- Özel, O.T., Sarıççek B.Z., 2009. Ruminantlarda Rumen Mikroorganizmalarının Varlığı ve Önemi. *Tübvav Bilim Dergisi*, 2, 277-285.
- Özöğretmen, T., 1991. Geviş Getirenlerin Beslenmesinde Kullanılan Önemli Bazı Yemlerin Nel İçeriklerinin *İn Vivo* ve *İn Vitro* Yöntemleri ile Saptanması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi.
- Parish, J.A., 2017. *Understanding the Ruminant Animal Digestive System*, Mississippi State University, U.S.
- Parkes, H., Shilton, C., 2011. *Urea Poisoning in Cattle*. Northern Territory Government of Australia, K46.
- Russell, J.B. Rychlik, J.L., 2001. Factors That Alter Rumen Microbial Ecology. Factors <http://www.distillersgrains.com/pdf/Russell - That Alter Rumen.pdf>.
- Sevgican, F., 1996. Ruminantların Beslenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:524. İzmir.
- Stone, W.C., 1999. The Effect of Subclinical Rumen Acidosis on Milk Components. 40-46p in *Proc. Cornell Nutr. Conf*.
- Tajik, J., Nazifi, S., 2011. Diagnosis of Subacute Ruminal Acidosis: a review. *Asian Journal of Animal Sciences*. 5, 80-90.
- Trenkle, A.H., 1979. The Relationship Between Acid-Base Balance and Protein Metabolism in Ruminants. *Regulation of acid-base balance*. Church & Dwight Co., Inc., NJ. 146.
- Umucalılar, H.D., Şeker E., 2000. Tampon Etkili Madde Olarak Kullanılan Sodyum Bikarbonat ve Magnezyum Oksit Tane Yemlerin *İn Vitro* Sindirilme Dereceleri Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Besleme Hastalıkları ABD. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 16,2: 129-135.
- Umucalılar, H.D., Şeker, E., 1998. Tampon Etkili Madde Olarak Kullanılan Sodyum Bikarbonat ve Magnezyum Oksit Tane Yemlerin *İn Vitro* Sindirilme Dereceleri İle İneklerde Süt Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. S.Ü. Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Besleme Hastalıkları ABD. Doktora Tezi, Konya.
- Ülger, İ., Küçük, O., 2014. Süt Sığırlarında Magnezyum Oksit Kullanımı. *Journal Of Health Sciences*, 23: 149-154.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd Ed.). Ithaca, N.Y. Cornell University Press.
- Wheeler, W.E., Noller, C.H., 1976. Limestone Buffers in Complete Mixed Rations For Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 59:1788.
- Yıldız, M.A., Parlat, S.S., 2019. Rumen Ph'sının Regülasyonu İçin *In Vitro* Tampon Sistem Çözümlerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.



LabVIEW Based Modelling System Applied in Maximum Power Point Tracking Techniques

Abdulkadir Mühendis¹, Ahmet Afşin Kulaksız²

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8531-257X)

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3216-8185)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.809517)

ATIF/REFERENCE: Mühendis, A. & Kulaksız, A. A. (2020). LabVIEW Based Modelling System Applied in Maximum Power Point Tracking Techniques. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 445-454.

Abstract

Photovoltaic is the process that converts the sunlight directly into electric power depending on irradiance and temperature. The monitoring system in photovoltaic power plants is very important to interface the whole system and critical in some cases for analyzing since it has to be in real-time for troubleshooting responses. This paper presents an analysis study of the photovoltaic modules based on LabVIEW which is one of the well known graphical programming environment known as a parallel programming as well. The main role of using LabVIEW environment to analyze the performance of the system is to be able to track the amount of energy which is produced by the photovoltaic system in real-time and to ensure the forecasted conversion efficiency for continuous power tracking most of the time. In this paper, the proposed modelling system is designed and implemented to analyze the performance of the applied perturbation and observation algorithm which provides the maximum power point tracking. Photovoltaic panel characteristics have been demonstrated based on LabVIEW environment using data acquisition circuit. LabVIEW environment is a system design environment which has supportive tools which are used to create a multitude of the application in much less time using parallel programming language platform. The process of designing and analysing the system has been carried out in real time simulation using the designed electronic circuit. The obtained results from the system have been compared with a real sun-simulator device results and it was shown that they are very close to the existing datasheet results.

Keywords: LabVIEW, Maximum Power Point Tracking, Parallel programming, Photovoltaic, Real Time Analysis

Maksimum Güç Noktası İzleme Tekniklerinde Uygulanan LabVIEW Tabanlı Modelleme Sistemi

Öz

Fotovoltaik, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürme işlemidir. İlk yatırım maliyeti yüksek olsa da güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı sunar. Fotovoltaik sistem kullanılarak elektrik enerjisi üretmek için; sistemin bulunduğu konum, ortam sıcaklığı ve dönüşüm sisteminin verimliliği gibi parametrelerin bilinmesi sistemin optimum çalışabilmesi için önemlidir. Bu sistemler tek panel ile kullanılabildiği gibi büyük enerji santrallerinde çok sayıda panelin birbirine bağlanması ile de kullanılabilir. Bu tarz bir sistem oluşturulurken hücrelerin güneşten aldığı enerjiye göre ürettiği gerilim ve akım değerleri kritik derecede önemlidir. Bu sistemlerin maksimum verimde çalışabilmesi için, sistem performansının analiz edilebildiği bir izleme sistemi kullanmak, fotovoltaik sistem tarafından üretilen enerji miktarını gerçek zamanlı olarak takip edebilmek ve öngörülen dönüşüm verimliliğinin, maksimum güç noktasını belirlemek son derece önemlidir. Bu çalışmada, LabVIEW programı kullanılarak fotovoltaik hücrelerin karakteristikleri, sistemin ürettiği elektrik enerjisi ve maksimum güç noktasının belirlenmesi için gerçek zamanlı ölçümlerin laboratuvar ortamında yapılması amacıyla kullanılacak bir donanım ve yazılım geliştirilmiştir. LabVIEW, endüstriyel olarak veri toplama sistemleri, test ve ölçüm cihazları gibi ihtiyaçları karşılamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan sensörlerden gelen bilgi, maksimum güç noktası izleme cihazı olarak kullanılan DC-DC dönüştürücüsünden okunmuştur. Elde edilen tüm veriler LabVIEW'in arayüzünde, donanımda kullanılan mikrodenetleyiciye bağlı sensörlerden ve toplanan verilerin analiz edilebilmesi için LabVIEW ortamında hazırlanan görsel arayüz programı vasıtasıyla izlenmiştir. Önerilen sistem analiz ve veri toplama uygulamalarında kabul edilebilir bir performansa sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: LabVIEW, Maksimum Güç Noktası Takibi, Paralel Programlama, Fotovoltaik, Gerçek Zamanlı Analiz

1. Introduction

Photovoltaics today is one of the most reliable and sustainable form of renewable energy resources. Though expensive to implement, solar energy offers a clean, renewable energy source. When contemplating to use the produced energy from the solar photovoltaic system, it is important to know how much energy can be produced according to location, temperature and conversion efficiency. Solar energy is the technology used to make use of the sun's energy. The energy which is delivered from the photovoltaic system which consists of one or more photovoltaic modules is dependent on its characteristics and the current which is drawn from its solar cells. Using a monitoring system to analyze the performance has the main role to be able to track the amount of energy which is produced by the photovoltaic system in real-time. This paper proposes a modelling system which is designed and implemented to simulate real photovoltaic panel characteristics based on LabVIEW environment (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) which has high performance in analysis and data acquisition applications. All data will be presented in LabVIEW's interface which is provided from the designed data acquisition circuit. The designed electronic circuit has the ability to implement the maximum power point tracking (MPPT) algorithm according to its DC-DC converter design which is connected with microcontroller as buck converter. The maximum power of the system is not directly calculated by the microcontroller. The voltage corresponding to the maximum power point has been calculated and continuously updated accordingly by the designed mathematical model in LabVIEW. All PWM signals have been controlled in LabVIEW and sent to the microcontroller which forms the interface between the PC and the connected DC loads. In this paper, two different scenarios have been applied to analyze P&O algorithm performance. The P&O algorithm is one of the well known methods based on the trial and error process in finding and tracking the MPP [11].

2. Material and Method

2.1. System description

The proposed system was designed employing DC-DC buck converter circuit connected with a low cost 8-bit microcontroller. The designed circuit has half bridge MOSFET connected with the microcontroller which controls the PWM signals that determines the needed voltage level for the load. Input voltage level was detected in LabVIEW which is connected with the designed circuit via a serial communication. The main purpose of using LabVIEW environment is to be able to control all signals digitally and to implement P&O algorithm outside of the microcontroller. Fig. 1 shows the block diagram of the system.

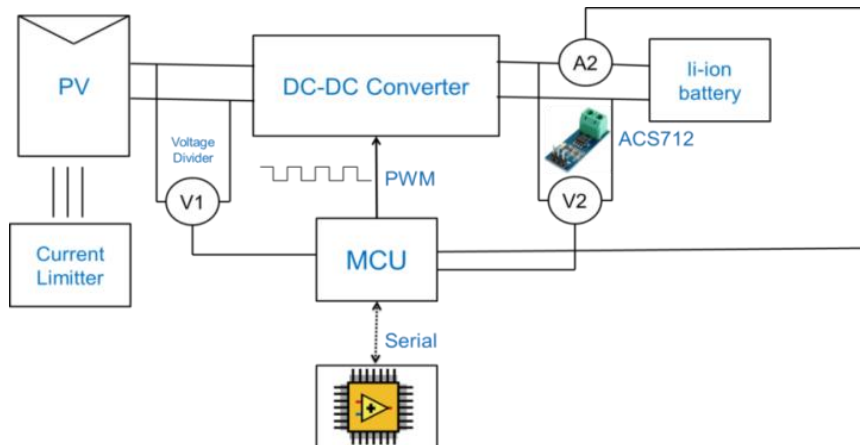


Fig. 1 The block diagram of the designed system

DC-DC converters convert one level of DC voltage to another. In the designed project, a buck DC/DC converter is used which step down the voltage and step up the current. At every cycle, the designed circuit was handshaking with LabVIEW environment through the serial communication interface to measure the photovoltaic voltage and current and deduces the real photovoltaic power, then updates the duty cycle percentage of the PWM signal by sweeping the operating demand voltage according to the needed variation of the power. Fig. 2 depicts the designed DC-DC converter circuit.

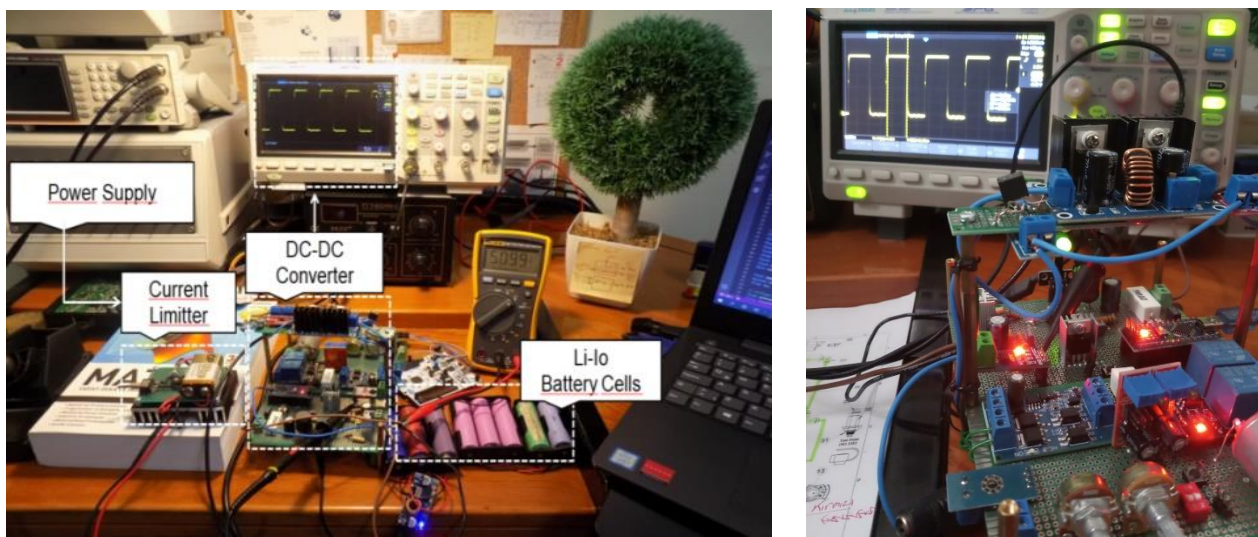


Fig. 2 DC-DC Converter Circuit

P&O algorithm has been used in the presented system since it has low cost, reduced number of parameters, and flexible for new improvements which may result a high level efficiency. P&O method depends on investigating the relationship between the photovoltaic panel power and its voltage. Fig. 3 shows P&O operating principle.

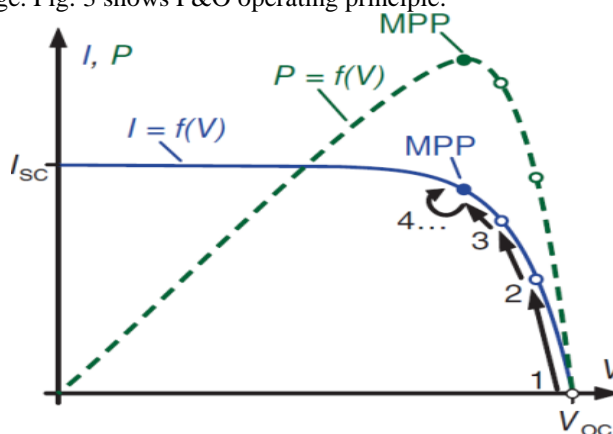


Fig. 3 P&O operating principle

Based on the principle of P&O algorithm, the process occurs basically by observing the change that will happen as a result of changing the operating point of PV modules which leads to determine the next change towards the maximum power point tracking. A prototype MPPT charge controller is tested with a 60 W photovoltaic panel and li-ion battery. The designed MPPT controller improves the efficiency of the photovoltaic panel when compared to conventional charge controllers thanks to the accuracy and the sample rate of the system. The basic flowchart of the used P&O method is shown in Fig. 4.

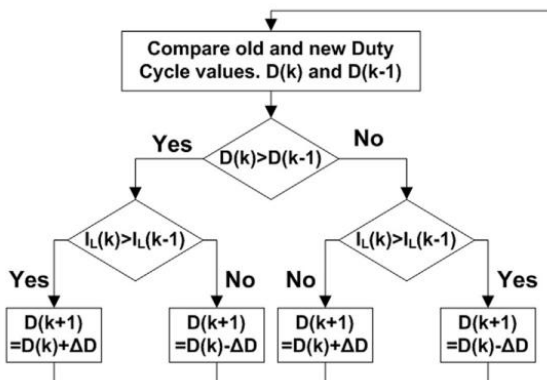


Fig. 4 P&O algorithm flowchart

The intensity data have been set by using a real solar simulator (QuickSun 540LA) as shown in Fig. 5. In the first scenario, two different irradiation values (500, 1000) W/m² have been tested according to two different outputs (6V, 12V) during a constant temperature value (25°C). In the second scenario, constant light intensity (1000 W/m²) has been applied for two different outputs (6V, 12V) during two different temperature values (25°C and 35°C). Each scenario was repeated until reaching the maximum power

point when $\frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} = 0$. One of the advantages of using this algorithm that knowing the PV characteristics is not needed to apply the system. In the following sections, the modeling of the proposed system in LabVIEW (Fig. 6) is explained.

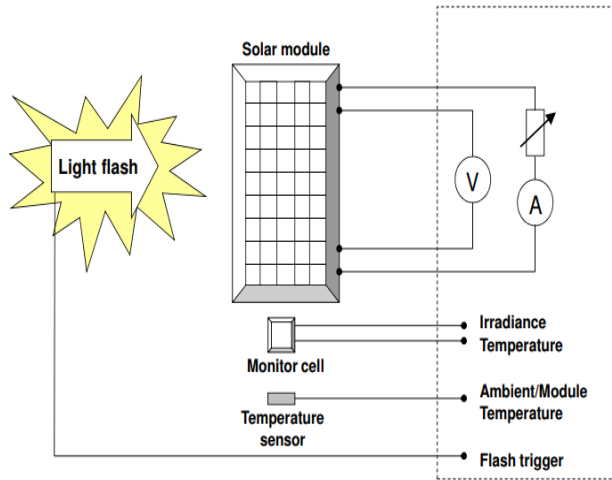


Fig. 5 Sun-Simulator operating principle [22]

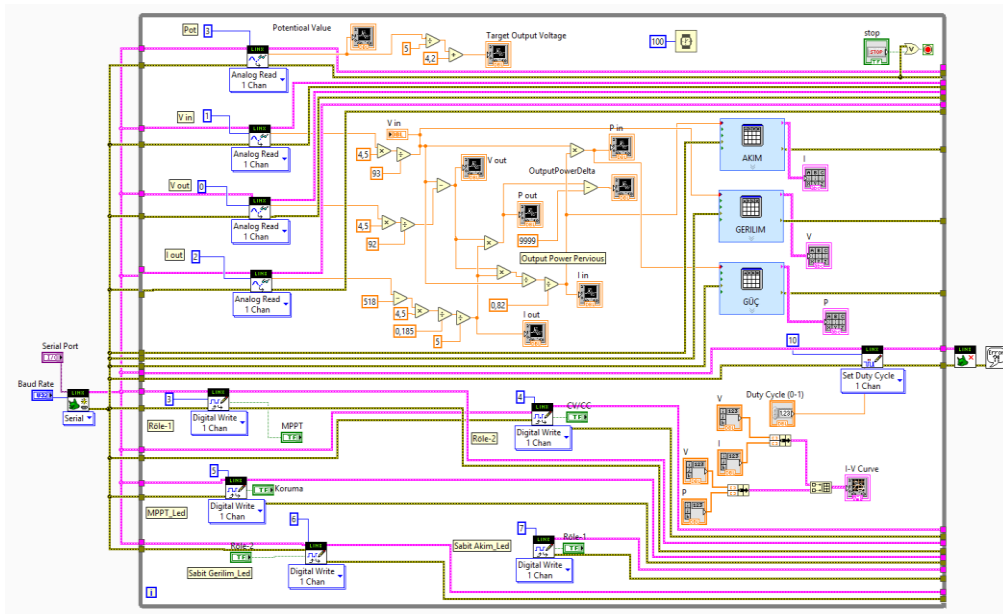


Fig. 6. Overall LabVIEW model of the proposed system

2.2. Block diagram modeling

In this paper, the concept of block diagram tools is to be used as the graphical source code of LabVIEW program. The designed front panel objects have been used as terminals on the block diagram. Basically, those block functions vary from simple arithmetic functions to advanced data acquisition operations. In this study, calculations of all programmed analog signals are translated as the following equation in Fig. 7.

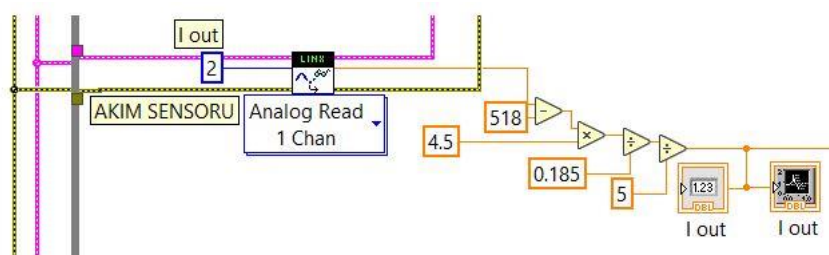


Fig. 7 Current sensor's equation

The implemented maximum power point tracking model calculates the needed voltage (V_{mp}) applied by changing the duty cycle of the feedback PWM signal. Fig. 8 shows the MPPT block diagram model.

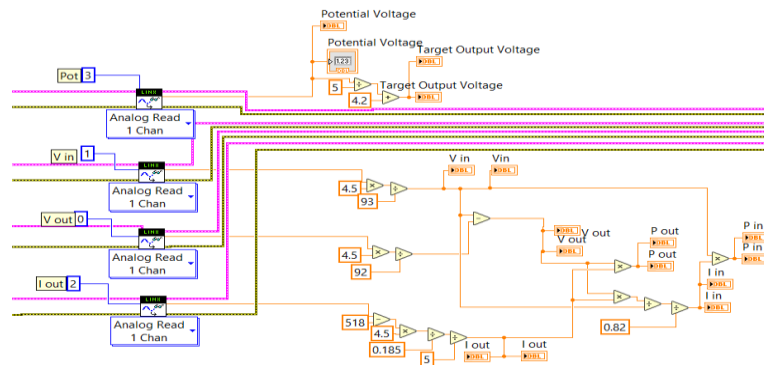


Fig. 8 MPPT block diagram model

Block diagram design has analog signals input coming from the DC-DC converter circuit which belongs to photovoltaic voltage, output voltage and output current. PWM signal has been configured according to the needed charging voltage by changing the duty cycle percentage.

2.3. Front panel design

The front panel has indicators which are the interactive objects constructed as the block diagram terminals to interface the input/output channels [9]. In this work, all received data have been recorded in LabVIEW inside arrays according to the acquired sampling rate. The recorded data have been implemented in the designed front panel as graphs to be able to analyze and monitor the voltage readings in real time. Every indicator of the front panel has been associated with either voltage, current, or power. Fig. 9 shows the front panel.

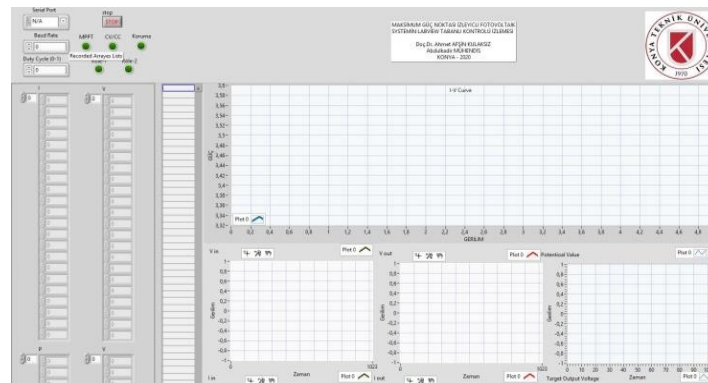


Fig. 9 Front panel

In this work, produced energy from photovoltaic module has been implemented to charge Li-ion battery according to the following test platform which is shown in Fig. 10.

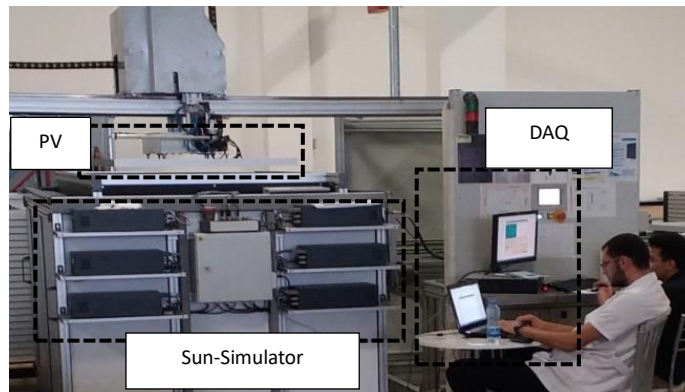
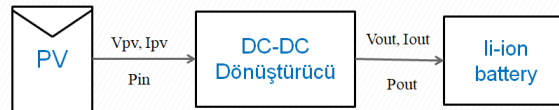


Fig. 10 Test platform principle

3. Results and Discussion

In this study, the designed P&O algorithm in LabVIEW shows an acceptable performance for the two presented scenarios. The first applied irradiation from the sun simulator (500 W/m^2) has been tested to charge 6V and 12V batteries load during the constant temperature (25°C) as shown in Fig. 11 and Fig. 12, respectively. The same procedures have been repeated for different applied irradiation (1000 W/m^2) which have been done according to the standard test conditions (STC) as shown in Fig. 13 and Fig. 14, respectively. The efficiency of the designed system has been presented in Table 1 according to different test conditions. Fig. 15 presents the results for all recorded samples of the acquired voltages and currents from DC-DC converter.

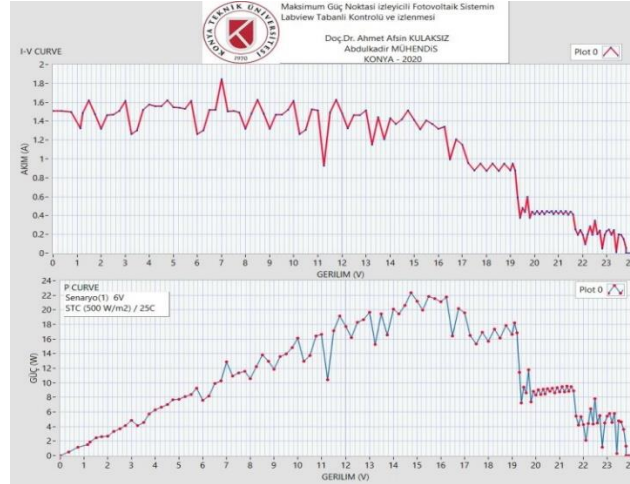


Fig.11 The power curves of 6V battery load under (25°C , 500 W/m^2)

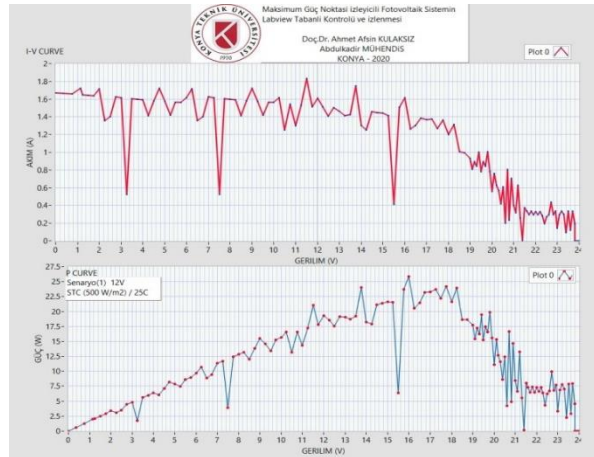


Fig. 12 The power curves of 12V battery load under (25°C , 500 W/m^2)

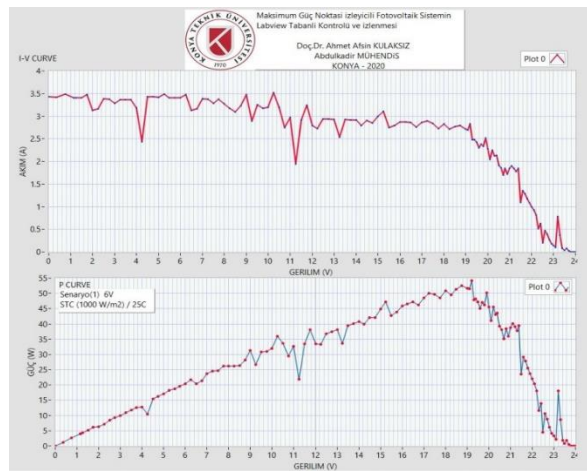


Fig. 13 The power curves of 6V battery load under (25°C , 1000 W/m^2)



Fig. 14 The power curves of 12V battery load under (25°C, 1000 W/m²)

The presented results showed that the used method's performance in LabVIEW environment has supportive tools to trace the maximum power point easily and give the ability for recording and manipulating the data for analysis requirements.

Table 1. The performance analysis of the system

Methods	Load	Irradiance	Temperature	V _{pv}	I _{pv}	P _{pv}	V _o	I _o	P _o	Performance
Scenario (1)	6 V	1000W/m ²	25°C	19.1 V	2.6 A	49.66 W	6 V	7.2 A	43.2 W	86 %
	6 V	500W/m ²	25°C	14.7 V	1.5 A	22 W	6 V	2.7 A	16.2 W	73 %
	12 V	1000W/m ²	25°C	18 V	3.4 A	61.2 W	12 V	4.43 A	53.24 W	87 %
	12 V	500W/m ²	25°C	18.2 V	1.3 A	23.66 W	12 V	1.6 A	19.2 W	81 %
Scenario (2)	6 V	1000W/m ²	25°C	19.1 V	2.6 A	49.66 W	6 V	7.2 A	43.2 W	86 %
	6 V	1000W/m ²	35°C	12.4 V	3.6A	44.64 W	6 V	5.7 A	34.2 W	76 %
	12 V	1000W/m ²	25°C	18 V	3.4 A	61.2 W	12 V	4.43 A	53.24 W	87 %
	12 V	1000W/m ²	35°C	12.5 V	3.6 A	45 W	12 V	3.38 A	40.56 W	90 %

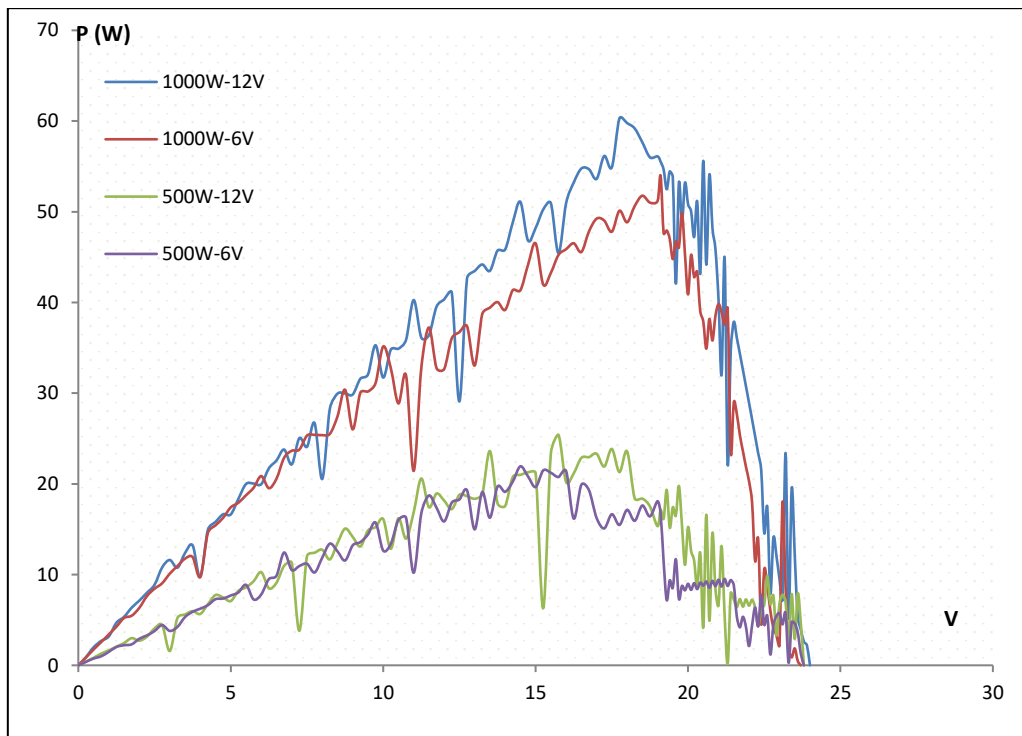


Fig. 15 The power curves for the first scenario

In the first scenario, two different irradiances (500, 1000) W/m² have been tested according to two different outputs (6V, 12V) during a constant temperature value (25°C). In the second scenario, constant light intensity (1000 W/m²) has been applied for two different outputs (6V, 12V) during two different temperature values (25°C and 35°C).

The needed procedure's results in order to complete the comparison between the two presented scenarios are shown in Fig. 16 and Fig. 17, respectively. Fig. 18 presents the results for all recorded samples of the acquired voltages and currents from DC-DC converter.



Fig. 16 The power curves of 6V battery load under (35°C, 1000 W/m²)

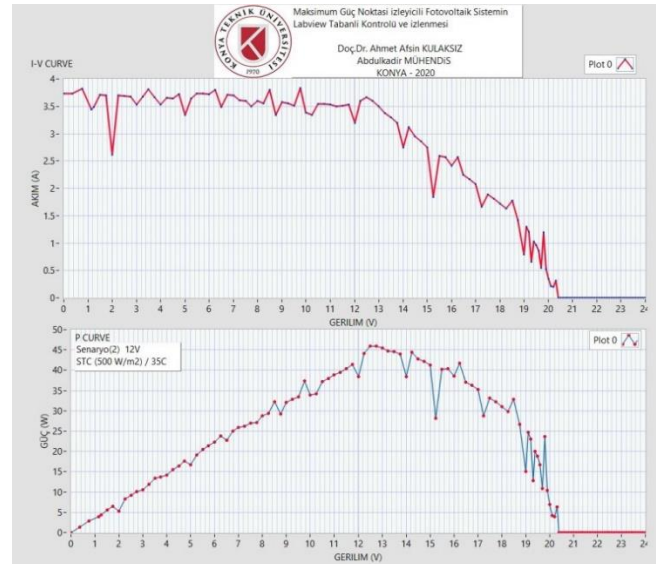


Fig. 17 The power curves of 12V battery load under (35°C, 1000 W/m²)

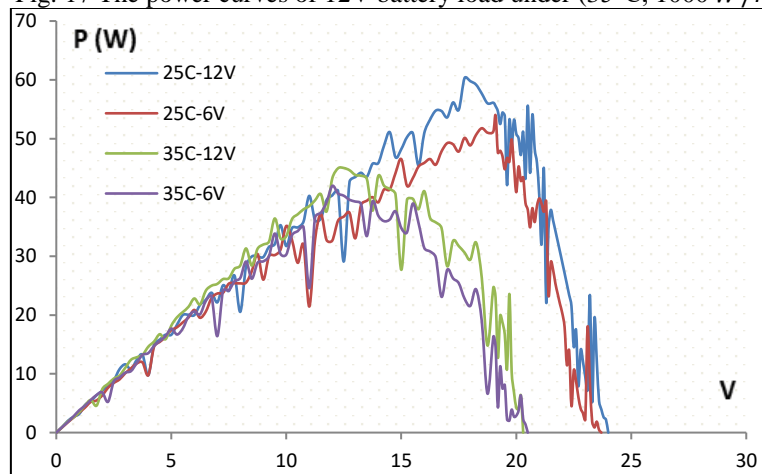


Fig. 18 The power curves for the second scenario

4. Conclusions and Recommendations

Synchronous development of the software technologies and power optimization studies in solar energy systems can be performed using cost-effective systems [19]. The designed system using LabVIEW can be used as data acquisition system in educational laboratories as well as conducting relevant experimental studies suitable for market use in the laboratory environment [21]. Effective

data acquisition in photovoltaic systems might help the studies to determine the equivalent circuit parameters of the PV panels and provide the necessary data for the realization of different artificial intelligence based MPPT algorithms [5]. This LabVIEW based study can be transferred to the real application environment. Therefore, low-cost systems have been examined in this work and further research is highly recommended for future applications.

In this study, test studies were carried out using a test platform prepared in a laboratory environment. The behavior of the used algorithm was examined according to different test conditions and it presented how MPPT can be affected by radiation levels. The presented results have shown that when all parameters are constant, a higher irradiance level will lead to greater output current and consequently leads to the maximum power point. On the other hand, the results showed that the temperature has a large effect on the output voltage and power of the photovoltaic modules. Therefore, at high temperatures, the low voltage modules may not be able to fully charge the Li-ion battery. The proposed method of the study can be emphasized as innovation based on LabVIEW which can deal with other MPPT algorithms effectively.

References

- Acharya, P., Shaikh, M., Jha, S. ve Papadakis, A., 2016, Electrical Modelling Of a Photovoltaic Module, Engineering and Industry Series Volume Power Systems, Energy Markets and Renewable Energy Sources in South-Eastern Europe.
- Akdeniz, H. Y., 2019, Arduino tabanlı MPPT solar şarj kontrolörü tasarımı ve uygulaması.
- Akkaya, R. ve Kulaksız, A., 2004, A microcontroller-based stand-alone photovoltaic power system for residential appliances, *Applied Energy*, 78 (4), 419-431.
- Bakım, S., 2016, Yeni Bir P&O Tabanlı MPPT Algoritması Tasarımı ve Performansının Testi.
- Bishop, R. H., 2007, National Instruments' LabVIEW 8, Student Edition, Pearson.
- Bitter, R., Mohiuddin, T. ve Nawrocki, M., 2017, LabVIEW: Advanced programming techniques, Crc Press, p.
- Büyükgüzel, B. ve Aksoy, M., 2016, A current-based simple analog MPPT circuit for PV systems, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 24 (5), 3621-3637.
- Chalh, A., Motahhir, S., El Hammoumi, A., El Ghzizal, A. ve Derouich, A., 2018, Study of a Low-Cost PV Emulator for Testing MPPT Algorithm Under Fast Irradiation and Temperature Change, *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, 3 (1), 11.
- Chehour, A., Ghandour, M. ve Livinti, P., 2014, A real time simulation of a photovoltaic system with maximum power point tracking.
- Çoramık, A. G. D. M., Ege, Y. ve Çıtak, Ö. G. D. H., Bir Veri Toplama Uygulaması: Arduino, LINX ve LabVIEW.
- El Hammoumi, A., Motahhir, S., Chalh, A., El Ghzizal, A. ve Derouich, A., 2018, Low-cost virtual instrumentation of PV panel characteristics using Excel and Arduino in comparison with traditional instrumentation, *Renewables: Wind, Water, and Solar*, 5 (1), 3.
- Eşme, E., 2006, Uzaktan kontrol edilebilen bir kalp cihazı tasarımı, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Gaga, A., Errahimi, F. ve Es-Sbai, N., 2014, Design and implementation of MPPT solar system based on the enhanced P&O algorithm using Labview, *2014 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 203-208.
- Hemza, A., Abdeslam, H., Rachid, C., Pasquinelli, M. ve Barakel, D., 2015, Tracing current-voltage curve of solar panel Based on LabVIEW Arduino Interfacing, *International Journal of Informatics Technologies*, 8 (3), 117.
- Hussein, K., Muta, I., Hoshino, T. ve Osakada, M., 1995, Maximum photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions, *IEEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, 142 (1), 59-64.
- Kangal, H., 2008, Fotovoltaik sistem analizi ve Labview tabanlı MPPT simülasyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.
- Karaköse, E. A. M. ve Akın, E., Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Sanal Laboratuvarların Kullanımı, *Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu*, 166-169.
- Karami, N., Moubayed, N. ve Outbib, R., 2017, General review and classification of different MPPT Techniques, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 1-18.
- Kulaksız, A. ve Akkaya, R., 2003, Maksimum güç noktası izleyicili foto voltaik güç sisteminin mikro denetleyici tabanlı kontrolü, *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Kayseri-Türkiye*, 53-61.
- Kulaksız, A. A., ALHAJOMAR, F. ve GOKKUS, G., 2019, Rapid Control Prototyping based on 32-Bit ARM Cortex-M3 Microcontroller for Photovoltaic MPPT Algorithms, *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 9 (4), 1938-1947.
- Kulaksız, A. A., 2007, Maksimum güç noktası izleyicili ve UVM inverterli fotovoltaik sistemin yapay sinir ağları tabanlı kontrolü, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Masoum, M. A., Dehbonei, H. ve Fuchs, E. F., 2002, Theoretical and experimental analyses of photovoltaic systems with voltage and current-based maximum power-point tracking, *IEEE Transactions on energy conversion*, 17 (4), 514-522.
- Mertens, K., 2018, Photovoltaics: fundamentals, technology, and practice, John Wiley & Sons, p.
- Motahhir, S., Chalh, A., Ghzizal, A., Sebti, S. ve Derouich, A., 2017, Modeling of photovoltaic panel by using proteus.
- Motahhir, S., Chalh, A., El Ghzizal, A. ve Derouich, A., 2018, Development of a low-cost PV system using an improved INC algorithm and a PV panel Proteus model, *Journal of Cleaner production*, 204, 355-365.
- Mühendis, A. ve Kulaksız, A. A., 2019, LabVIEW Based Monitoring System Applied for Virtual Photovoltaic Modules Characteristics, 2nd International Instructional Technologies in Engineering Education Conference (2nd IITEEC 2019), İzmir.

- Mutoh, N., Matuo, T., Okada, K. ve Sakai, M., 2002, Prediction-data-based maximum-power-point-tracking method for photovoltaic power generation systems, *2002 IEEE 33rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference. Proceedings (Cat. No. 02CH37289)*, 1489-1494.
- nath Naidu, B., 2016, Voltage based P&O algorithm for maximum power point tracking using labview, *Innovative Systems Design and Engineering*, 7, 12-16.
- ONAT, N. ve ERSÖZ, S., FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEYİCİ ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI.
- Pociask-Bialy, M. ve Maciejko, R., 2018, QuickSun 830A module solar simulator. Study of mini PV modules, *E3S Web of Conferences*, 00083.
- Sumathi, S., Surekha, P. ve Surekha, P., 2007, LabVIEW based advanced instrumentation systems, Springer Berlin, p.
- Tariq, A. ve Asghar, M. J., 2006, Development of microcontroller-based maximum power point tracker for a photovoltaic panel, *2006 IEEE Power India Conference*, 5 pp.
- Velkovski, B. ve Pejovski, D., 2016, Application of Incremental Conductance MPPT method for a photovoltaic generator in LabView, *Poster 20th International Student Conference on Electrical Engineering*, 1-6.
- Xiao, W. ve Dunford, W. G., 2004, A modified adaptive hill climbing MPPT method for photovoltaic power systems, *2004 IEEE 35th annual power electronics specialists conference (IEEE Cat. No. 04CH37551)*, 1957-1963.
- Yahfdhou, A., Mahmoud, A. ve Youm, I., 2013, Modeling and optimization of a photovoltaic generator with Matlab/Simulink, *International Journal of I Tech and E Engineering*, 3 (4), 108-111.



Performance and Trade-off Evaluation of SIFT, SURF, FAST, STAR and ORB feature detection algorithms in Visual Odometry

Abdullah Yusefi¹¹, Akif Durdu² and Cemil Sungur²

¹ Computer Engineering Department, Konya Technical University, Turkey

² Electrical-Electronics Engineering Department, Konya Technical University, Turkey

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819735)

ATIF/REFERENCE: Yusefi, A., Durdu, A. & Sungur, C. (2020). Performance and Trade-off Evaluation of SIFT, SURF, FAST, STAR and ORB feature detection algorithms in Visual Odometry. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 455-460.

Abstract

In recent years there has been a great deal of research and study in the field of visual odometry, which has led to the development of practical processes such as visual based measurement in robotics and automotive technology. Direct methods, feature-based methods and hybrid methods are three common approaches in solving visual odometry problems and given the general belief that feature-based approach speeds are higher, this approach has been welcomed in recent years. Therefore, an attempt has been made in the present study to calculate the transformation matrix of two-dimensional sequential image sets using invariant features that can estimate the changes in camera rotation and translation. In the algorithm, two-steps of identifying keypoints and removing outliers are performed using five different local feature detection algorithms (SURF, SIFT, FAST, STAR, ORB) and RANdom SAMple Consensus algorithm (RANSAC), respectively. In addition, the impact of each of them, their intrinsic parameters and dynamic noise on the accuracy of the transformation matrix are evaluated and analyzed in terms of rotational MSE and computational runtime.

Keywords: Visual Odometry, Image Processing, Invariant Features, Local Feature Detection, Keypoints, RANSAC, Transformation Matrix

Introduction

In late decades, researchers have increased a lot of enthusiasm into visual odometry [1, 2] issues, and they have endeavored to give strategies and algorithms to make the process real-time, to improve the accuracy of the outcomes, increase the efficiency of the algorithms and reduce their computation and complexity each of which has its own characteristics [14, 16]. Hence, in this paper, feature-based technique as a general research approach has been chosen to test and study the impacts of common feature detectors and their intrinsic parameters and highlight the trade-off issues between these parameters.

The extraction of invariant local features, which is the method of detecting different small regions in the image such as corners and blobs[2, 5], as well as the selection of suitable algorithms to complement the points extracted[3, 4], play an important role in obtaining the correct results for the visual measurement process and its real-time efficiency.

There are different strategies for phases in the feature-based approaches such as defining points, matching them, and classifying them into two classes of keypoints and outliers. To this end, five common local feature detection algorithms (SURF, SIFT, FAST, STAR, ORB) are chosen to extract key points as well as the RANdom SAMple Consensus algorithm (RANSAC)[13] as a key point classifier to analyze the output of algorithms under various conditions such as dynamic noise. By conducting this comparison research and finally obtaining an acceptable precision transformation matrix, visual odometry application processes in the robotics and automotive technology industries can be followed.

¹ Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7557-8526, e168129001005@ktun.edu.tr

This paper is structured as follows: Section 2 describes the associated visual odometry work [1] through the use of feature detectors. A brief overview of five specific feature detectors is given in Section 3. Section 4 records the findings of the analysis and the assessment. The article shall be concluded with section 5.

2. Related Works

2.1. Feature Detection

Different methods have been suggested to solve the issue of visual odometry using feature detectors. For example, in [1] using the Harris corner detector developed by Harris [9], local image features are identified and used by Nister in visual odometry. Nevertheless, there is a lack of scale-invariance and intensity-invariance [19] which fail when images vary in sizes or pixel intensities or become noisy [10]. A procedure for treating scale and rotation invariance using the principle of Differences of Gaussian (DoG) was introduced in [11]. This feature detector called Scale Invariant Feature Transform (SIFT) used blobs to detect image features. Nonetheless, this method suffered from a high computation issue. In order to resolve this downside, Bay et al. [12] proposed Speeded Up Robust Feature (SURF) which detects features based on the Hessian matrix. Agrawal et al. proposed CenSurE which later STAR detector was derived based on it in [15, 8]. This method has improved computational efficiency compared to SIFT and SURF. In addition, Features from the Accelerated Segment Test (FAST) were implemented in [6], which had the advantage of higher computational performance compared to previous methods [7].

2.2. Feature-based Visual Odometry

In addition to standard SfM, various robust and reliable visual odometry systems have been developed that provide loop detections. Loop detection allows the visual odometry system to track loops and modify the previous trajectories on that basis. The mechanism is outlined in more depth in [20]. They combine the feature detection with the optical flow for visual odometry. The same task was aimed in [21] by looking for repeatable features. It is proposed in [23] that an efficient method of noise removal has had a high impact on feature-based visual odometry approaches such as [24]. In [22], certain robust features are applied to the main system in order to achieve a robot motion calculation. It will assist the application of the Simultaneous Localization and Mapping (SLAM). ORB-SLAM2 is one of the most important SLAM methods based on the ORB features. This technique was developed not only to track the position and detect the loop, but also to reconstruct the 3D model by generating a point cloud of the observed features. The latter function is particularly useful for simultaneous mapping of the world when executing a localization task [19].

2.3. Feature-based Visual Odometry

Numerous publications are available in the literature on the subject of the comparison of features. A contrast of SIFT and SURF was made in evaluating their efficiency [27] but not in visual odometry. The efficiency of Harris, SIFT, SURF and KLT for structure from motion (SfM) was evaluated in [24]. BRISK was suggested in [25] and was compared with feature detectors SIFT and SURF. A drift and translation error comparison of the visual odometry features of SIFT, SURF, ORB and A-KAZE was evaluated in [26].

3. Feature Detectors

3.1. SIFT

SIFT recognizes blobs as local features and has the advantage of scale invariance and rotation invariance [11]. The scale invariance is done by a process called Difference of Gaussians and dividing the scale-space which is a function of $L(x, y, \sigma)$ into different smaller images. Images get smaller every time by half of the previous one and the operation of Gaussian kernel or blurring.

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (1)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Where I is the image, G is the Gaussian blur, x and y are the coordinates and σ is the scale factor.

3.2. SURF

SURF is composed of two general steps: First one is the feature extraction that detects the keypoints in the image and the second one is the feature description that is used for feature matching [12]. In order to speed up the computation time SURF uses Hessian matrix-based interest points which after adapting it to scale and rotation invariance is defined as:

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Where H is the Hessian matrix and $L(x, \sigma)$ is the Gaussian blur discussed in the previous section.

3.3. FAST

This method considers 16 pixels around the processing pixel to decide whether it's a keypoint or not. This way it doesn't need to process the whole image pixels and thus results in faster computation and real-time detection of features [6, 7].

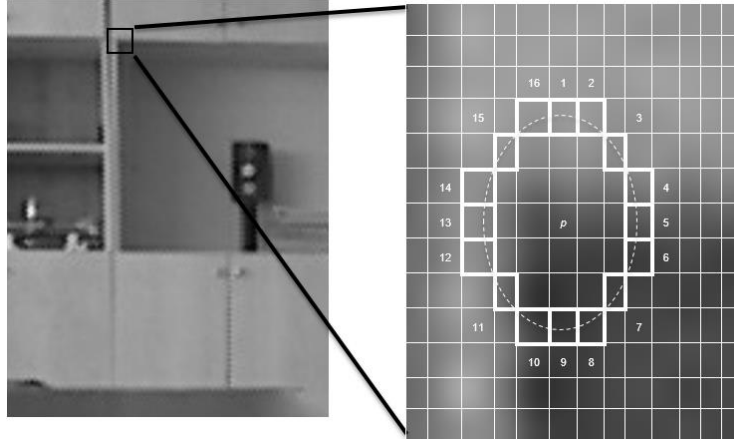


Fig. 1 FAST looks at the 16 pixels around the pixel p to detect features.

3.4. STAR

This feature detector is a derived version of CenSurE and was developed by the OpenCV library. STAR too is a scale and rotation invariant detector that uses Laplacian of Gaussians (LoG) and instead of complete circle masking it takes account two 45-degree difference overlapped squares as an approximation of it [8, 15].

3.5. ORB

Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) is a combined version of Features from Accelerated Segment Test (FAST) Feature detector and Binary Robust Independent Elementary Features (BRIEF) feature descriptor [17].

4. Performance Evaluation and Trade-Offs

4.1. Performance Evaluation

In evaluating the experimental results, two comparable criteria were the rotational mean square error (MSE) and computational time. This includes the error rate of camera rotation, feature detection techniques and finally how long it took to perform visual odometry. The feature detectors, dataset sequences and their respective rotational MSE is shown in Table I. In the experiments, threshold, number of feature detections and intrinsic parameters were configured as give the best possible translational performance with least rotational MSE. Table II depicts the computational runtime of each sequence of dataset on all feature detectors. The impacts of each feature detector and their tradeoffs are discussed in the next section.

In order to evaluate the performance of the feature detectors in visual odometry, the famous KITTI's grayscale dataset with resolution of 1241 x 376 pixels was used on a system with Intel's 9th generation core i7 that had 16GB RAM.

As can be seen in Table I, the most rotational error has happened in seq_00 of the Kitti dataset and the cause of this high error rate is the movement of other vehicles while the camera was waiting in the traffic light. The reason for this is that traditional visual odometry cannot handle such situations and there was no loop detection or other optimization algorithms implemented in our experiments. Please note that, the same situation happens in seq_07 too. As can be observed, in both times FAST had the best performance with 2.3082 and 0.1434 respectively. However, the least performance was different in two dataset sequences. In the first one the highest error rate was with the ORB feature detector and the in the seq_07 the least performance was with the SURF.

Table 1. MSE

Seq	Frames	SIFT	SURF	STAR	FAST	ORB
00	4540	3.5692	4.59843	4.52235	2.3082	7.90480
01	1100	0.0353	0.13101	0.28460	0.0215	0.03479
02	4660	0.0927	0.08051	0.11423	0.0406	0.08904
03	800	0.0182	0.01759	0.1422	0.0225	0.03328
04	270	0.0006	0.00068	0.0009	0.0005	0.0006
05	2760	0.8082	1.26559	0.94318	0.4613	1.10614
06	1100	0.0185	0.02107	0.01381	0.0312	0.01693
07	1100	3.5233	3.26835	7.19671	0.1434	2.77622
08	4070	0.1634	0.15540	0.11701	0.0394	0.10918
09	1590	0.0322	0.02263	0.13907	0.0223	0.01656
10	1200	0.0636	0.34598	0.19013	0.0510	0.25826

Computational Runtime

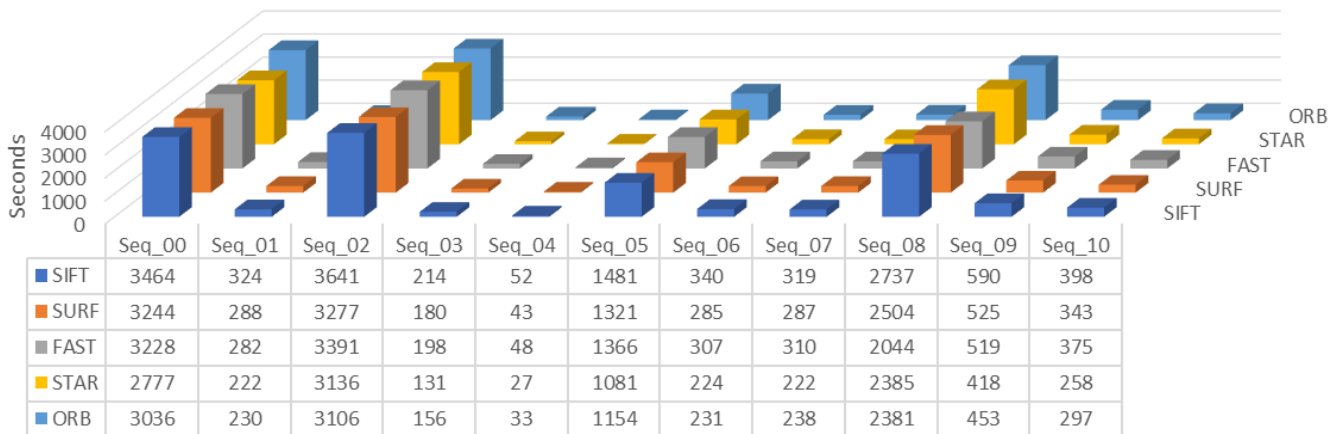


Fig 2. Computational Runtime of visual odometry using five different feature detection algorithms

Moreover, the trajectory diagram of visual odometry of seq_02 using five feature detectors has been given as an example in figure 3. In this figure, all five feature detectors had a reasonable performance when there is less noise and velocity deviation in the dataset. Similarly, as previous sequences the best performance was in FAST and SURF, ORB, SIFT and STAR subsequently.

However, as shown in figure 2 the rates in terms of computational runtime was different that rotational MSE. In computational runtime, the best number was with STAR almost in all dataset sequences and the least performance was with SIFT. In the experiments, it was observed that even if FAST feature detector performed slower compared to STAR in terms of computational runtime, it had the best overall performance when rotational error also was taken in account.

4.2. Trade-Offs

As it is observed from the results in figure 2 the error rate is somewhat related to the amount of dataset. This is because visual odometry is an accumulative method that error rates get accumulated in every frame step. Please note that, the computation runtime

gets better in each method through the developed phases as shown in figure 3. The fastest one was STAR and then FAST, SURF, ORB and SIFT subsequently.

In terms of accuracy and reliability, as can be seen in figure 2 the most accurate and reliable one is the FAST algorithm. However, it takes more runtime compared to ORB feature detection. ORB feature detectors are faster compared to other methods but at the cost of a little accuracy loss. In addition to that, all the above methods were observed to be vulnerable against dynamic movement while stable state of the camera. Moreover, the accuracy and the computation runtime of the final visual odometry results are highly dependent on configured parameters such as threshold and number of features detected. For example, the number of features detected in the above experiments were set to 10000 to get the best accuracy. It was observed that, as we minimized the number of features the computation runtime was noticeably decreased however the accuracy of the system decreased too.

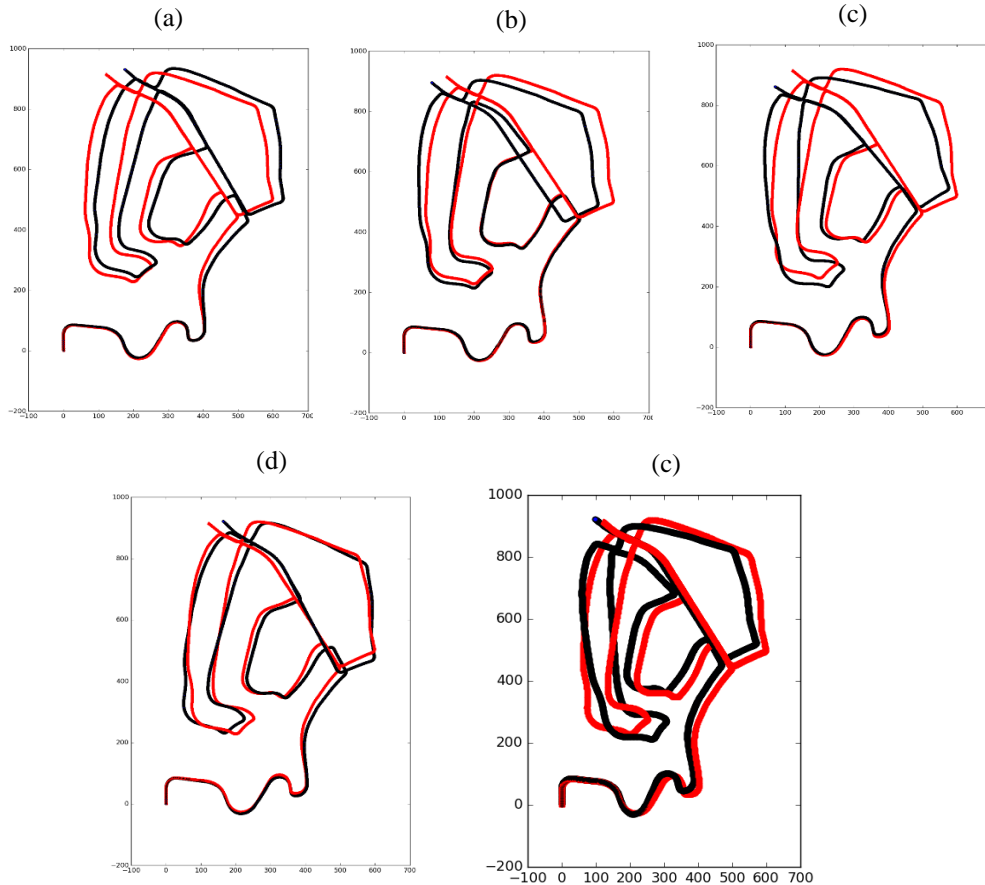


Fig. 3 Visual Odometry Trajectories: (a) STAR, (b) SIFT, (c) ORB, (d) SURF, (e) FAST.

5. Conclusion

This paper studies the impacts of five common feature detectors (SIFT, SURF, STAR, FAST, ORB) and their intrinsic parameters on the performance of transformation matrix extraction in terms of rotational MSE and computation runtime in visual odometry. After the experimental evaluation and analysis of results it was proved that FAST outperformed other feature detectors in the accuracy of visual odometry and the ORB and STAR had better computational runtime with the cost of degradation in accuracy. In addition to that, it was observed that the intrinsic parameters such as configured threshold and number of features detected in the image highly affects the performance and computational efficiency of the visual odometry.

References

- [1] Nistér, David, Oleg Naroditsky, and James Bergen. "Visual odometry." Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2004. CVPR 2004.. Vol. 1. Ieee, 2004.
- [2] Scaramuzza, Davide, and Friedrich Fraundorfer. "Tutorial: visual odometry." IEEE Robotics and Automation Magazine 18.4 (2011): 80-92.
- [3] Fraundorfer, Friedrich, and Davide Scaramuzza. "Visual odometry: Part ii: Matching, robustness, optimization, and applications." IEEE Robotics & Automation Magazine 19.2 (2012): 78-90.
- [4] Civera, Javier, et al. "1-point RANSAC for EKF-based structure from motion." 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2009.

- [5] Scaramuzza, Davide. "1-point-ransac structure from motion for vehicle-mounted cameras by exploiting non-holonomic constraints." *International journal of computer vision* 95.1 (2011): 74-85.
- [6] Rosten, Edward, and Tom Drummond. "Machine learning for high-speed corner detection." *European conference on computer vision*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [7] Rosten, Edward, and Tom Drummond. "Fusing points and lines for high performance tracking." *Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05) Volume 1*. Vol. 2. Ieee, 2005.
- [8] Konolige, Kurt, Motilal Agrawal, and Joan Sola. "Large-scale visual odometry for rough terrain." *Robotics research*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. 201-212.
- [9] Harris, Christopher G., and Mike Stephens. "A combined corner and edge detector." *Alvey vision conference*. Vol. 15. No. 50. 1988.
- [10] Wei, Lijun, et al. "GPS and stereovision-based visual odometry: Application to urban scene mapping and intelligent vehicle localization." *International Journal of Vehicular Technology* 2011 (2011).
- [11] Lowe, David G. "Distinctive image features from scale-invariant keypoints." *International journal of computer vision* 60.2 (2004): 91-110.
- [12] Bay, Herbert, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool. "Surf: Speeded up robust features." *European conference on computer vision*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [13] Fischler, Martin A., and Robert C. Bolles. "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography." *Communications of the ACM* 24.6 (1981): 381-395.
- [14] Lindeberg, Tony. "Feature detection with automatic scale selection." *International journal of computer vision* 30.2 (1998): 79-116.
- [15] Agrawal, Motilal, Kurt Konolige, and Morten Rufus Blas. "Censure: Center surround extremas for realtime feature detection and matching." *European Conference on Computer Vision*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [16] Poddar, Shashi, Rahul Kottath, and Vinod Karar. "Evolution of visual odometry techniques." *arXiv preprint arXiv:1804.11142* (2018).
- [17] E. Rublee, et al. "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF." *2011 International conference on computer vision*. Ieee, 2011.
- [18] Klette, Reinhard. *Concise computer vision*. Springer, London, 2014.
- [19] Mur-Artal, Raul, and Juan D. Tardós. "Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras." *IEEE Transactions on Robotics* 33.5 (2017): 1255-1262.
- [20] Corke, Peter, Dennis Strelow, and Sanjiv Singh. "Omnidirectional visual odometry for a planetary rover." *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)(IEEE Cat. No. 04CH37566)*. Vol. 4. IEEE, 2004.
- [21] Scaramuzza, Davide. "Performance evaluation of 1-point-RANSAC visual odometry." *Journal of Field Robotics* 28.5 (2011): 792-811.
- [22] Nistér, David. "An efficient solution to the five-point relative pose problem." *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 26.6 (2004): 756-770.
- [23] Tardif, Jean-Philippe, Yanis Pavlidis, and Kostas Daniilidis. "Monocular visual odometry in urban environments using an omnidirectional camera." *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 2008.
- [24] Govender, Natasha. "Evaluation of feature detection algorithms for structure from motion." (2009).
- [25] Leutenegger, Stefan, Margarita Chli, and Roland Y. Siegwart. "BRISK: Binary robust invariant scalable keypoints." *2011 International conference on computer vision*. Ieee, 2011.
- [26] Chien, Hsiang-Jen, et al. "When to use what feature? SIFT, SURF, ORB, or A-KAZE features for monocular visual odometry." *2016 International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)*. IEEE, 2016.
- [27] Bauer, Johannes, Niko Sünderhauf, and Peter Protzel. "Comparing several implementations of two recently published feature detectors." *IFAC Proceedings Volumes* 40.15 (2007): 143-148.



Data Mining in A Smart Traffic Light Control System Based on Image Processing and KNN Classification Algorithm

Abdullah Yusefi^{1*}, Adem Alpaslan Altun² and Cemil Sungur³

¹ Computer Engineering Department, Konya Technical University, Turkey

² Faculty of Technology, Selçuk University, Turkey

³ Electrical-Electronics Engineering Department, Konya Technical University, Turkey

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819762)

ATIF/REFERENCE: Yusefi, A., Altun, A. A. & Sungur, C. (2020). Data Mining in A Smart Traffic Light Control System Based on Image Processing and KNN Classification Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 461-465.

Abstract

In today's modern world, communication, transportation and the movement of people and merchandises are important, and doing so in the shortest possible time is also essential and vital. In the past decade, due to the significant increase in the number of passengers and vehicles along with the capacity limitations of communication arrays, it is absolutely necessary to apply new technologies to intelligent traffic control and management. The intelligent transportation system (ITS) utilizes advanced technologies in the fields of information processing, telecommunications and electronic control to meet transportation needs. The purpose of these systems is to streamline traffic in important and sensitive routes, and in addition to providing traffic safety, information, timely traffic control and the use of optimal capacity of transport arteries. This paper presents new method for extracting traffic parameters associated with a signalized highway using image processing and data mining KNN classification algorithm. These parameters include the length of red light LED, the volume of passing vehicles and the volume of pedestrians passing the highways in the green phase. In what follows, a Data Mining Traffic Light Control System is introduced, which by receiving the three traffic parameters mentioned above, proceeds to optimize the traffic signal timing. At the end, a two-phase common highway is simulated in the MATLAB software environment, and the results of the image processing algorithms and the Data Mining Traffic Light Control System designed for it are evaluated.

Keywords: Two-phase Thresholding, Blocking, Data Mining, Traffic Simulation, Classification, Face Detection, Vehicle Detection, KNN classification

1. Introduction

Today, many highways around the world are equipped with intelligent traffic light systems. One of the most common methods for measuring the highway traffic parameters is the use of inductive loop traffic detectors. Inductive loop traffic detectors are only used in the front of intersections or highways. For this reason, in addition to the proper functioning of the SCATS system in allocating timelines that are consistent with the instantaneous traffic conditions, it has a drawback that it lacks the direct and accurate calculation of the red line's queue length.

In this paper, a new method is proposed for extracting traffic parameters by applying image processing's face detection and vehicle detection capabilities. The extracted parameters are then processed by data mining algorithms to define the timelines of traffic lights. In image-based systems, the red line's instantaneous queue length can be obtained and taken into account in decision making. Even critical modes can be defined for the length of the queue, for example, if the queue length of an intersection reaches its adjacent intersection, the traffic light changes immediately. In the field of extraction of traffic parameters such as: the volume, the number of passing vehicles, the length of the queue and the traffic flow through the image processing, there have been many articles and much work in recent years. The parameters extracted from these studies are then used in traffic systems to control the traffic signals. There

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7557-8526, e168129001005@ktun.edu.tr

have been different approaches proposed for tackling this problem. For example, in [3] using virtual loops, there is a way to count the vehicles passing the highway. In [5], a method for measuring the traffic flow using the concept of entropy is discussed. Here, flow is the number of vehicles passing an intersection during one hour. Also, in [4], by developing a new concept and simultaneous use of both the optimal area processing and perspective transformation, images are made as spatio-temporal images, and from these images various parameters such as speed, distance between vehicles and flow are obtained. Moreover, in [1], a method for detecting the cycle failure in a signalized intersection is presented. In this method, the end of the queue is followed by the red light after the light is green, and if a vehicle fails to illuminate the intersection during the green phase, this will be considered as a cycle failure. But it does not directly focus on measuring the red light queue length and changing the timing according to that. It only suggests that it is possible to extend the green time so that the queue of the red light is discharged and, in the case of this extension, the length of the red phase queue, which is currently red, is not considered. There have been different approaches proposed for tackling this problem. A hierarchical clustering data mining method is used for designing a TOD signal control system [10]. System signal detectors are used to collect the data which is the number of vehicles. In [2] digital image processing has been used to detect and count the vehicles. The proposed traffic control system in [8] is by installing inductive loops and controlling the traffic light and also detecting the vehicles which stop beyond the zebra crossing. However, none of these studies use the number of pedestrians and data mining classification technique for controlling the traffic lights.

However, none of the papers and works mentioned above has taken the number of pedestrians in to account as a parameter. Moreover, in studies done in literature old methods of inductive loops and sensors were used to control the traffic light system and they have not used the modern methods such as data mining techniques. In this paper, a new method for counting the number of vehicles in the red light queue, which is a special parameter of the intersections, and less work has been done on it, is given. Moreover, this paper takes the number of pedestrians waiting for the green light in account for calculating the timeline of green lights. In the case of counting vehicles passing through the zebra cross in the green phase, despite the similarity in general concepts, such as the use of the optimal area processing method used in most articles [3-5], an innovation has been given in the method used in this paper. Also, a new partitioning method based on the data mining techniques is developed in this paper which achieves a high degree of segmentation. In the following of the article, based on traffic parameters, a data mining control system is designed for a common two-phase highway cross, which takes into account the synchronous information of the green and red phases on the timing of the traffic light. The final section relates to the simulation carried out in the MATLAB software environment in which the control system designed for a common two-phase highway cross is evaluated. Of course, it's necessary to point out that the video is about the highway cross is recorded on a sunny day, and because image processing methods directly depend on the environmental conditions of the environment such as: rainfall conditions and nighttime condition, the algorithms have to be modified accordingly. We hope to address these issues in the next articles as well.

This paper is organized as follow: section 2 describes the use of image processing, face detection and vehicle detection methods used in this paper. In section 3 classification method is described. Section 4 reports the traffic control system's experimental results. The paper is concluded with section 5.

2. Image Processing

Traffic monitoring is one of the most important tools for developing intelligent traffic systems. Application of image processing techniques and machine vision in analyzing traffic video frames and converting them into statistical sequences for collecting traffic information is much more accurate and less costly than other method of collecting traffic information. Methods such as microwave detectors, light sensors and the use of inductive sensors and circuits will usually have problems like high installation and maintenance costs and blocking paths for vehicles during installation. Furthermore, when it comes to detecting slow-moving or stopped vehicles, these methods face some difficulties. Image processing has had dramatic advances in both theoretical and practical aspects, and many sciences depend on it. Various applications can be used for image processing algorithms, including industrial automation, medical image analysis, video and image compression, transport, meteorology, urbanization, industry, agriculture, military and security science, astronomy, medicine, antiquities Science, cinema, geology, food industry and even psychology. This paper uses two image processing techniques for extracting traffic parameters. First, face detection has been applied to detect the number of pedestrians awaiting the green light. Second, the system uses the vehicle detection to detect the number of vehicles in the street. These two parameter are later used for controlling the traffic signal statuses.

2.1. Face Detection

Face detection is a practical and important area of study that has made significant advances in recent decades. These Systems have numerous applications, including security and monitoring. In the last decade, major changes have taken place in the field of face detection that allows the use of these systems in every aspect of sectors. However, applying it in controlling traffic has not been done yet. In this section, the main parts of the system for detecting and verifying the faces and their technical details are described.

As it is known, the images recorded by traffic light cameras provide small and low quality images of pedestrians. These pedestrians stand side by side or behind each other next to zebra crosses in the highway streets. Since the people standing in the back are occluded by the people in front of the camera, it makes the counting pedestrians a difficult process. Due to this issue, human detection method is not a suitable choice for counting the waiting pedestrians. Therefore, we chose the face detection method for solving this issue.

In order to do this we used a pre-trained model of faces and then performed the classification of detected object in the image using this model. These objects are defined by clustering the input image which is based on the Jaccard distance d .

$$d(f_i, f_j) = 1 - J(f_i, f_j) \quad (1)$$

Here, d is the Jaccard distance, f_i and f_j are the shapes of objects and J is the standard Jaccard similarity. Figure 1 depicts the test image of pedestrians before applying the face detection and figure 2 shows the same image after detection of pedestrians. The results shows that this method can detect small faces in the images with high accuracy and is an appropriate method for the purpose of this paper.



Fig. 1. Pedestrians before applying face detection



Fig. 2. Pedestrians after applying face detection

2.2. Vehicle Detection

One of the most important applications of traffic surveillance images are to detect and extract traffic information from traffic images. In this paper, first, the range of the vehicles are determined using the background image, the image containing the vehicles and image filtering in RGB and grayscale models. So the difference between the background image and the image containing the vehicles are calculated and then the median filter is used to remove the noise from the image. After eliminating noise, the number of cars calculated and prepared to be used in this paper. The results show that the method is sufficiently accurate and acceptable. The performance of the vehicle detection technique is shown in figures 3 and 4.



Fig. 3. Vehicles before applying vehicle detection

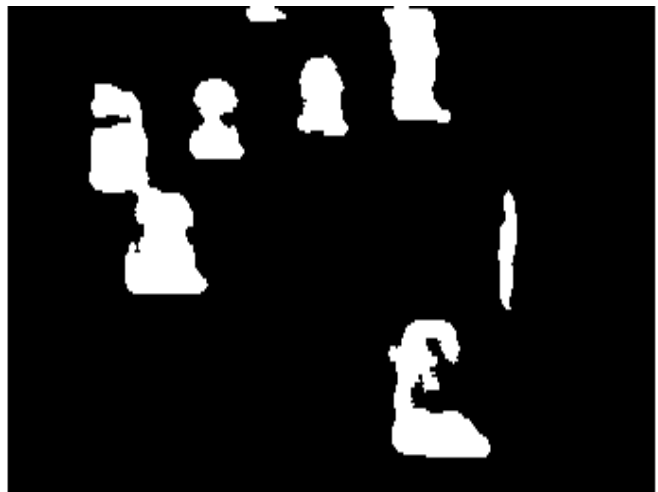


Fig. 4. Vehicles after applying vehicle detection

3. Data Mining Traffic Light Control System

With the rise of computer systems and the spread of information technology, the main topic in computer science has changed from how information is gathered to how information is used. Data mining systems allow the user to interpret the mass of data collected and extract the knowledge they contain. Today, it has attracted many researchers as one of the most important issues in the

field of artificial intelligence and databases. In this paper, one of the popular and robust data mining classification algorithms called k-nearest neighbor (KNN) algorithm is used for classifying the data collected from traffic surveillance cameras. The KNN classification algorithm is one of the best and most widely used classification algorithms, which is widely used in various sectors. This algorithm measures the distance between input data and trained data set and classifies the data based on the nearest neighbor to input data. The distance between two data is obtained formulas like Euclidean distance:

$$d_E(x, y) = \sum_{i=1}^N \sqrt{x_i^2 - y_i^2} \quad (2)$$

The algorithm used in this paper creates a model from trained data and classifies the number of detected faces and detected vehicles into classes based on that pre-trained model. The model has 4 classes PLVM, PMVL, PLVL, PMVM. These classes represent four possible statuses of traffic and pedestrians. The status are when the pedestrians are less but vehicles are many, when pedestrians are many but vehicles are less, when both pedestrians and vehicles are less, when both pedestrians and vehicles are many, respectively.

After classifying the input data, the traffic light mode changes according to the class selected for that status. In the PLVM status the traffic light will increase the green phase for vehicles and likewise decrease the red phase. Using this procedure vehicles will have more time to pass and the traffic congestion is prevented. In PMVL status, the traffic light will decrease the green phase and increase the red phase for vehicles. Since the number of vehicles are less in this status, there is no traffic congestion issue and thus many pedestrians waiting for the traffic light will have more time to pass. Furthermore, in PLVL status and PMVM status, the traffic light will slightly increase the green phase for pedestrians and give the pedestrians higher priority of passing, so that the number of pedestrians will decrease in the next iteration of classification process. In figure 5, the general flowchart of the proposed traffic light control system is depicted.

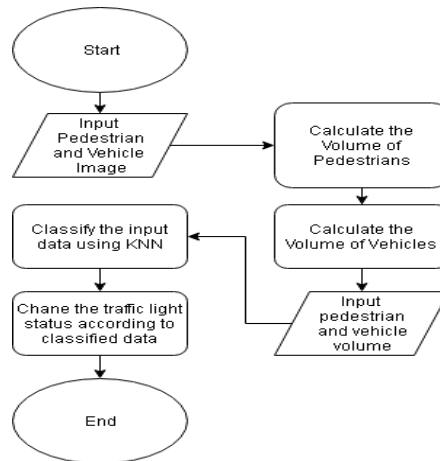


Fig. 5. Proposed Traffic Light Control System

4. Experimental Results

In evaluating the simulation results, one of the comparable criteria was the system error rate. This includes the error rate of Face detection, Vehicle detection techniques and finally classification algorithm. The model of trained data which have been used in KNN classification is shown in figure 6. This model has been built on 30 inputs and the KNN algorithm classifies the input parameters obtained from face detection and vehicle detection processes based on this model. Figure 7 depicts the test data after applying the KNN classification based on this model. The results of classification on test data shows a high percentage of accuracy.

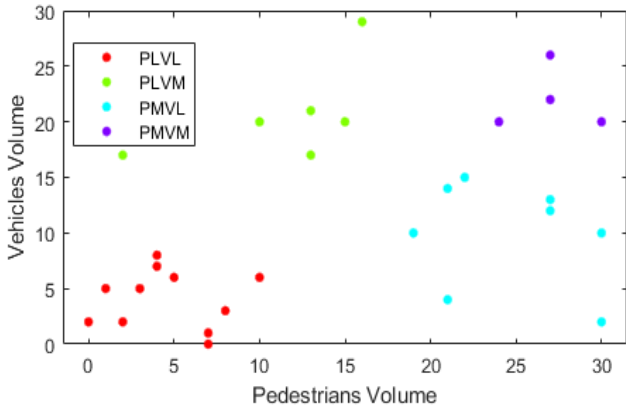


Fig. 6. Train Model after applying KNN Classification

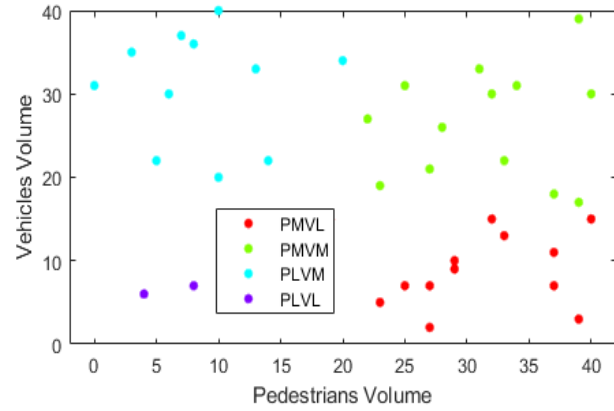


Fig. 7. Test Data after applying KNN Classification

5. Conclusion

In this paper, a new approach for controlling the traffic lights of highways was proposed. In order to do this, an image processing model was presented to detect the number of pedestrians and vehicles waiting for traffic lights. This model, first, detects and counts the number of pedestrians and then determines and counts the number of vehicles using efficient and accurate image processing techniques. Following that, the parameters obtained from face detection and vehicle detection phases are classified using KNN classification algorithm. This part classified the input parameters into 4 different classes. According to the result of the classification part the system controls the status of the traffic lights. The method proposed in this paper was tested on various inputs for which the results was outstanding and accurate.

References

- [1] Zheng, Jianyang, et al. "Detecting cycle failures at signalized intersections using video image processing." *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 21.6 (2006): 425-435.
- [2] Reyes, Mac Michael. "Traffic Light Control System Simulation Through Vehicle Detection By Image Processing." (2008).
- [3] Wang, Kunfeng, et al. "An automated vehicle counting system for traffic surveillance." *Vehicular Electronics and Safety, 2007. ICVES. IEEE International Conference on. IEEE, 2007.*
- [4] Lee, Daeho, and Youngtae Park. "Measurement of traffic parameters in image sequence using spatio-temporal information." *Measurement Science and Technology* 19.11 (2008): 115503.
- [5] Bhaskar, Lala, et al. "Intelligent traffic light controller using inductive loops for vehicle detection." *Next Generation Computing Technologies (NGCT), 2015 1st International Conference on. IEEE, 2015.*
- [6] Hsu, W-L., et al. "Real-time traffic parameter extraction using entropy." *IEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing* 151.3 (2004): 194-202.
- [7] Sivakumar, R., et al. "Automated traffic light control system and stolen vehicle detection." *Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), IEEE International Conference on. IEEE, 2016.*
- [8] Mirchandani, Pitu, and Larry Head. "A real-time traffic signal control system: architecture, algorithms, and analysis." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 9.6 (2001): 415-432.
- [9] Hu, Peiyun, and Deva Ramanan. "Finding tiny faces." *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). IEEE, 2017.*
- [10] Zamani, Zahra, Mahmoud Pourmand, and Mohammad Hossein Saraei. "Application of data mining in traffic management: case of city of Isfahan." *Electronic Computer Technology (ICECT), 2010 International Conference on. IEEE, 2010.*
- [11] Thakare, Vishakha S., et al. "Design of smart traffic light controller using embedded system." *ISOR-JE* 10.1 (2013): 30-3.
- [12] Kotsiantis, Sotiris B., I. Zaharakis, and P. Pintelas. "Supervised machine learning: A review of classification techniques." (2007): 3-24



ORB-SLAM-based 2D Reconstruction of Environment for Indoor Autonomous Navigation of UAVs

Abdullah Yusefi^{1*}, Akif Durdu² and Cemil Sungur²

¹ Computer Engineering Department, Konya Technical University, Turkey

² Electrical-Electronics Engineering Department, Konya Technical University, Turkey

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819620)

ATIF/REFERENCE: Yusefi, A., Durdu, A. & Sungur, C. (2020). ORB-SLAM-based 2D Reconstruction of Environment for Indoor Autonomous Navigation of UAVs. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 466-472.

Abstract

In this paper, a simple and economic yet efficient autonomous mapping and navigation system for unmanned aerial vehicles is presented. In order to realize this system, three modules have been implemented. First module constructs a 3D model of the environment while autonomously navigating the drone and is based on one of the top monocular SLAM algorithms called ORB-SLAM. For the autonomous navigation of the system a visual-based line tracking method is proposed. Afterwards, the second module performs a real time transformation of the 3D map to 2D grid map. While most of the 3D to 2D map conversion studies use octomaps in the middle of two, we present a threshold-based method that directly converts the 3D map to 2D without need for any middle component. Finally, third module uses A* path planning algorithm to navigate the drone to the goal pose in the constructed 2D grid map. This module uses only IMU-aided Adaptive Monte Carlo localization (AMCL) combined with monocular camera information to complete this task. The experimentation results indicate that the proposed system is adequately efficient to be used in the low-cost drones that have only a monocular camera and limited processing resources on them.

Keywords: ORB-SLAM, Line-Tracking, Map Conversion, AMCL, Autonomous Navigation

1. Introduction

Obtaining a physical model and mapping the environment is one of the most important and fundamental issues in robotics and has many applications, such as autonomous robotic navigation, tracking and detecting objects and people, and search and rescue operations. Significant progress has been made over the last ten years in the field of autonomous robot guidance, in particular the Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) of the environment.

In 1985, one of the first attempts to perform SLAM using a laser scanner sensor and an encoder shaft was made by Chatila et al. considering the uncertainties in the problem [5]. In 1990, Smith and colleagues first mapped using environmental characteristics and used the Kalman filter to solve the problem [6].

Over the past decade, many researchers have focused on finding suitable solutions for simultaneous localization and mapping in real time. Among these, the most popular methods for locating and mapping at the same time have been the Extended Kalman filter [7] and the Rao-Blackwellized particle filter [8]. The Extended Kalman filter uses a linear approximation, assuming that the density function has a Gaussian probability distribution. However, a number of studies have shown that the map obtained in this method is not very accurate due to the error caused by linearization and the computational complexity of this method is high and is not applicable in real time. Much research has been undertaken to address these issues.

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7557-8526, e168129001005@ktun.edu.tr

In an effort to increase the accuracy of the simultaneous location and mapping, a new Kalman filter was introduced called the Unscented Kalman Filter, which did not use linear approximations [9]. The Unscented Kalman Filter uses a definitive sampling method to calculate mean and covariance estimates. The Unscented Kalman filter, instead of the nonlinear function of the system, estimates the probability density function and the higher the nonlinearity of the system, the more reliable the estimation than the Extended Kalman filter, but its computational complexity is similar to that of the Extended Kalman filter. On the other hand, the Fast Simultaneous Localization and Mapping Algorithm (FastSLAM) uses the Particle Filter and the Extended Kalman Filter simultaneously to greatly reduce the computational volume compared to the Extended Kalman Filter and the Unscented Kalman Filter [10]. Finally, the Unscented Kalman Filter-based FastSLAM algorithm is called Unscented FastSLAM as one of the new SLAM methods, using accurate Unscented Kalman Filter estimates to improve precision and minimize computational time [11]. It has been shown that Unscented FastSLAM has a better performance in terms of accuracy and quality of mapping compared to FastSLAM methods based on Extended Kalman filter [12]. Despite this advantage, there are still many untapped potentials for FastSLAM algorithms.

In addition to the above filter-based SLAM methods, several other methods with different meanings for the results have also been proposed in recent years. The global optimization method, focused on conservation of some key frames within the setting and bundle adjustment in order to estimate movement. This is a common approach at present for SLAMs based on vision such as ORB-SLAM. ORB-SLAM is a flexible, precise SLAM solution capable of retrieving the camera trajectory and a fragmented 3D scene reconstruction from small handheld devices to a vehicle that moves across multiple urban blocks in real-time. It is capable of closing large loops and relocalizing itself globally in real time.

This paper presents a simple and economical yet efficient autonomous mapping and navigation system for unmanned aerial vehicles. Three modules have been implemented in order to realize this system. The first module builds an environment 3D model while autonomously navigating the drone and is based on one of the top monocular SLAM algorithms called ORB SLAM2. A visual-based line tracking method is proposed for the autonomous navigation of the system. The second module then performs a real-time transformation of the 3D map to the 2D grid map.

While most 3D to 2D map conversion studies use octomaps in the middle of two, we present a threshold-based method that directly converts the 3D map to 2D without the need for any middle component. Finally, the third module uses the A* path planning algorithm to navigate the drone to the goal pose in the built 2D grid map. This module only uses the IMU-aided Adaptive Monte Carlo (AMCL) localization to complete this task.

There are many research findings in the literature in the case of the generation of the grid map and the identification of obstacles from a point cloud. Goeddel et al.'s latest work [14] implemented a 3D LiDAR data extraction method for localization performing a 2D map. Huesman [15] proposed a point cloud into a 2D occupants map conversion with the simple concept of using slope thresholding to assess obstacles.

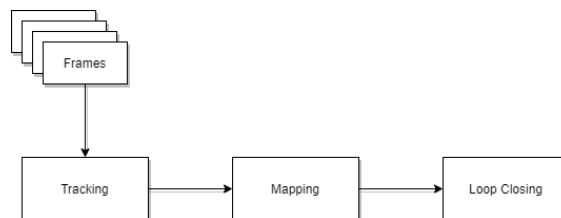
Beutel et al. [16] used a somewhat different approach based on neural neighbor interpolation for making maps for both 2D and 3D. The ROS grid mapping library [17] also offers features to create a variety of different types of 2D grid maps from different input sources. Thrun's approach to learning [18] used maximization of expectations to produce occupancy maps from sensor data directly.

In comparison to the aforementioned techniques, which use only 3D data, Santana et al. [19] took advantage of image data by separating the scene into floor and non-floor areas by colour-based visual segmentation. Another way of resolving this issue is by using point cloud to laser scanning [20], and then by using the resulting data as input to an algorithm for mapping like the ROS Gmapping [21] that can generate occupancy maps on LiDAR scans. But the mapping algorithm still considers the LiDAR data to be noisy, and we know that the point cloud created by ORB-SLAM contains only accurate data. This approach may generate additional uncertainty in the map.

The paper is organized as follows. The first section concerns the introduction and brief review of the types of SLAM specifically ORB-SLAM. This is further discussed in Section II. Section III describes the line tracking-based navigation and mapping of the system and section IV presents the transformation method of 3D to 2D grid map. Section V concerns the general architecture of the proposed navigation system the experimental results are described in section VI. A final discussion and conclusions are presented in section VII.

2. ORB-SLAM

ORB-SLAM is a robust visual SLAM method and benefits from the speed and rotation invariance advantage, which allows the features to be extracted from images in real time. It is designed for real time processing and is based on a visual search of ORB features in the image surface space which allows for more efficient detection and tracking of features [1, 13]. Fig. 1 shows an overview of the data flow in ORB-SLAM.



The three main threads, Tracking, Local Mapping and Loop Closing, are the basis of this algorithm that obtain the frames sequentially and operate in parallel for camera motion estimation and environment mapping.

The tracking thread localizes the camera and determines when a new keyframe is inserted. Features correlate with the previous frame and the position is optimized by motion-based bundle adjustment. FAST corners are detected as features and are described by the ORB. The local mapping thread uses the concept of covisibility graph of keyframes to obtain a local visible map. The ORB features are triangulated and matched in connected keyframes in the map point is found in more than 25% to be visible and is observed by at least three keyframes, it will be added to the local map. The loop closing thread uses a bag of words principle to identify possible loops within the system and to adapt the global optimization. It searches the bag of words [2] in the covisibility graph of the current keyframe and its vicinity. If three clear loop candidates are successively found, this loop is known to be a serious candidate. Afterwards, a series of optimizations and a RANSAC are applied to these loop candidates to remove the noise and accept one if necessary. In order to handle the scale and final optimization the pose and map points of current keyframe and its neighbours are corrected and fused respectively.

Fig. 1 Overall Data Flow of ORB-SLAM

3. Line Tracking-Based Navigation and Mapping

Ubuntu 16.04 operating system equipped with ROS Kinetic is the software platform used in this study. ROS makes it easy for robotic researchers to develop and deploy autonomous robots that follow their own programmed algorithms, or those of a human operator. The C++ and python language programming are supported [3] by the implementation of complex, highly-scalable and modular packages for robotic behaviour. In addition, Gazebo simulation software allows for fast-testing algorithms, design robots, regression tests and the use of practical scenarios to train artificial intelligence.

For autonomous navigation and mapping of the environment an architecture for house simulation has been developed. The lines are used to differentiate the rooms or corridors (Fig. 2). A pure line follower's algorithm is most likely to result in unpredictable outcomes, as the robot has to turn when faced with rotation points or endpoints of lines. To address this problem, a right-oriented line follower algorithm was developed and robot motions were provided in this framework.

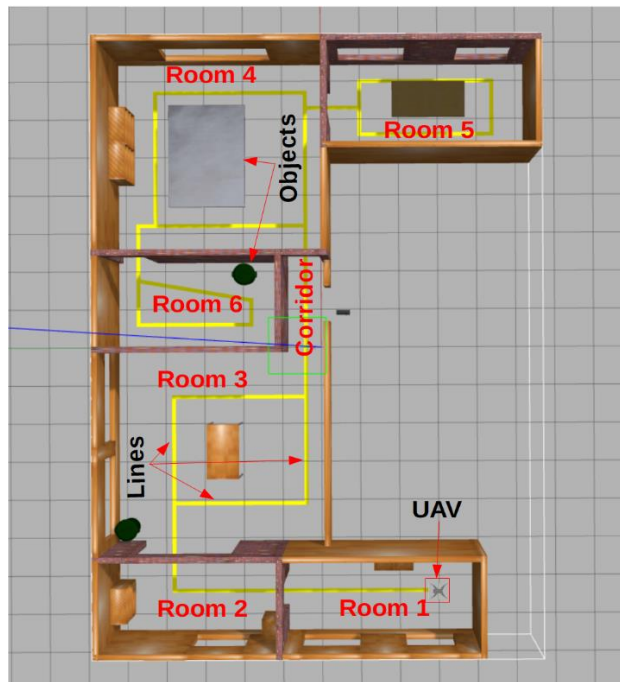


Fig. 2 View of the environment and tracking lines

The *Dji Tello* was implemented in a simulated indoor environment for collecting training data and experimental testing. The *Dji Tello* is a low-cost UAV with a top velocity up to 8 m / s and a maximum height of 30 m. In addition, it weighs around 80 g and is fitted with a 5MP camera capable of capturing pictures and videos of 2592 x 1936 and HD 7200P30 quality, respectively [101]. Such capabilities allow UAV robotic researchers a suitable forum for testing their visual based algorithms.

The robot takes a picture of the environment (Fig 3. a) from a camera so that the navigation path of the robot can be calculated using image processing algorithms with these images. Sequentially processing the pictures taken from the robot camera, multiple types of frames, including HSV and masked are made. Segmented images are used for the foreground evaluation. The photos would then be transferred to HSV files. The purpose of this transformation is to provide a more precise outcome in the image assessment, as HSV images are more stable with respect to light, shadow effects, etc. In [4] the left-oriented autonomous navigation of the robot was suggested to take a new approach in a factory-like environment which inspires our process. Here, when the HSV transformation was applied to the picture as the evaluation of the picture as a whole will also be complicated and would increase the time for computation. The image is split in four sub-regions: a1, a2, a3 in the process (Fig. 3 a). The a1 and a3 pieces are multiplied by 0 to exclude areas of irrelevance for the proper orientation such as up, down and left. The area a2 is left alone and decision-making in this area is made upon it. It just removes the regions to be tracked from the entire image and leads the robot in the true direction (Fig. 3. b, c).

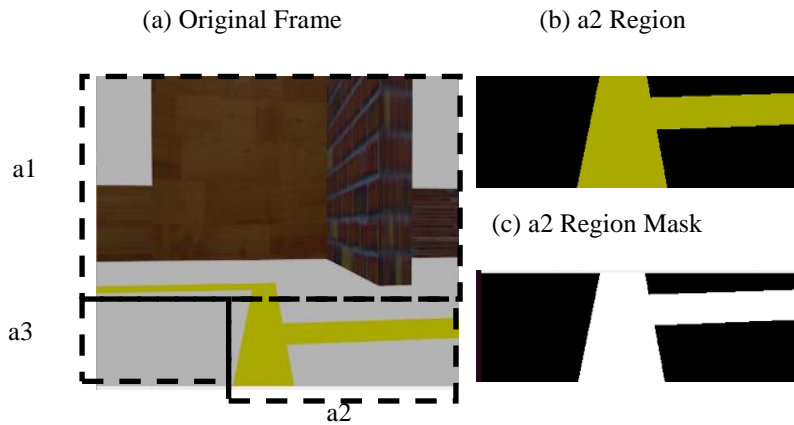


Fig. 3 Camera View of Robot

According to the algorithm provided, we have controlled the robot in three directions: forward and right and reverse.

1. The robot continues forward at 5 mph speed and height of 1 meters and matches the middle of the line without any orientation decision.
2. The robot turns 90 degrees right while making a decision on right-orientation. The forward speed is then 0 mph, with the robot turning 90 degrees to the right.
3. The robot sets the forward speed to 0 mph and turns 180 degrees if it reaches the endpoint.

In order to obtain the 3D map, the ORB-SLAM runs in parallel while navigating the environment. It creates a map of the point clouds built by the ORB features detected and therefore, the performance of the mapping depends on the high-texture structure of the environment.

4. 3D to 2D Grid Map Conversion

Point clouds in robotic applications are a growing form of data that allow the robot to see the world. Unfortunately, it is somewhat restricted in usage for autonomous navigation. There is just so much data to handle and determine the direction of a robot, in particular for a low-cost drone with limited processing resources. This section proposes a method that receives a 3D point cloud data set and converts it to a 2D occupancy grid, a much more popular browsing / path algorithm data type. The algorithm can convert point clouds from any source, which in the case of this study is the ORB-SLAM. Since the ORB-SLAM builds the map incrementally in real-time, the point cloud map is partially updated in a particular environment. Accordingly, the 3D to 2D map conversion module also is capable of processing the partially obtained point clouds and converting them to 2D grid maps in real-time.

In order to process the point clouds obtained from ORB-SLAM in real-time, we take the keyframe into account at each step. When a keyframe is received along with its camera position and all the map points visible to the keyframe. Since the map point clouds are in 3D pose (x, y, z) axis, we convert them to 2D pose by removing the height axes and only take the horizontal axis into account. Afterwards, a threshold based method is applied to the map point along the camera pose and each map point. If the number of map points along these two are above a threshold then that map point is considered to be occupied. Since the 2D grid map is represented by 0s and 1s, indicating free cells and occupied cells respectively, the whole map points in a keyframe is represented either by 1 or 0 (Eq. 1). There, $pc_{c,m}$ is the number of point clouds along the line between camera and current map point and δ represents the threshold size. The grid cells with no map points are also considered to be free. In order to handle the loop closing and scale variation, scale factor is defined and after every loop detection a recalculation of the whole map points is done correspondingly.

$$Grid_Cell_{i,j} = \begin{cases} 1, & p_{c,m} \geq \delta \\ 0, & p_{c,m} < \delta \end{cases} \quad (1)$$

5. Autonomous Navigation

In this module the algorithm A* is used to guide the drone towards the target location in the 2D grid map. To perform this function, this module uses only the Adaptive Monte-Carlo (AMCL) location supported by IMU in combination with monocular camera information.

As can be noted in Fig. 5, the system consists of three main modules, mapping, conversion of 3D-to-2D maps and autonomous navigation. Parts III and IV explained the first and second modules.

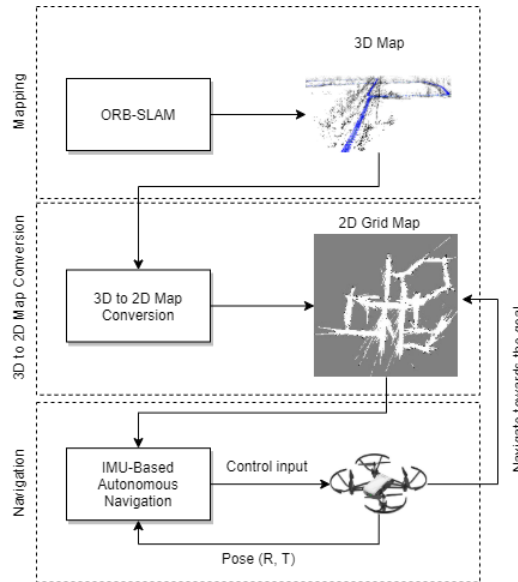


Fig. 4 The general architecture of the system

In the third module, a low-cost drone is equipped with an Inertial Measurement Unit (IMU) and a monocular camera in order to autonomously navigate in the obtained 2D grid map. The IMU is fused with the Adaptive Monte Carlo Localization (AMCL) algorithm to localize itself in the static map and the monocular camera helps the drone to avoid the collision to the static or dynamic obstacles.

6. Results

For this analysis, an indoor environment was developed to execute SLAM independently and to evaluate the algorithm's effectiveness. For this reason, the UAV is requested to start at the point indicated in the map and to follow the line in accordance with the algorithm provided. During the autonomous run, the robot has performed ORB-SLAM and 3D to 2D grid map conversion simultaneously to obtain a light map of the environment. Finally, the low-cost UAV is autonomously navigated using IMU-aided AMCL and camera in the resulting map to demonstrate the efficiency of the 2D grid map.

Fig. 5 displays resulting 2D grid map for our prepared environment and the Kitti data set. Fig. 5 a displays the corresponding ORB-SLAM point map cloud of the corresponding house simulation environment. Fig. 5. b shows the resulting 2D grid diagram of the Kitti dataset. The accuracy of the resulting map depends heavily on the texture and illumination of frames, since all of these are using the monocular ORB-SLAM to create a 3D point cloud map. Therefore, the resulting map in here would be better in well-structured environments particularly in simulation world.

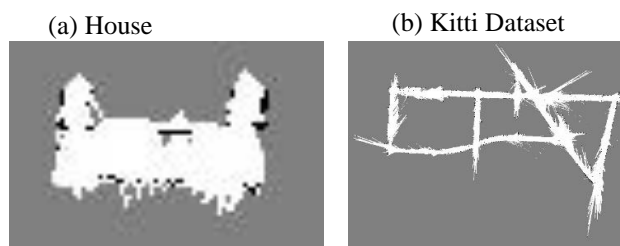


Fig. 5 Resulting 2D grid map of (a) House simulation environment and (b) Kitti dataset

After converting the 3D point cloud map and obtaining the 2D grid map it is possible to set a target for the robot to autonomously navigate in the environment. Fig. 6 displays the low-cost drone autonomously navigating in the obtained 2D grid map of the testing simulation environment.



Fig. 5 Drone autonomously navigating in the map

7. Conclusion and Future Works

Within this paper, an autonomous mapping and navigation system for unmanned air vehicles is described as a simple, economical and yet effective method. Three modules have been introduced to execute this system. The first module builds a 3D environmental model when controlling the drone autonomously and is based on an ORB-SLAM monocular algorithm. A visual line tracking approach is suggested for autonomous vehicle navigation. The second module then converts the 3D map into the 2D grid map in real time. Although most 3D to 2D map conversion studies use octomaps in the middle of two, we present a threshold-based approach that directly converts the 3D map to 2D without the need for any middle part. Finally, the third module uses the A* path planning algorithm to guide the drone to the target pose in the constructed 2D grid map. This module uses only the IMU-aided Adaptive Monte Carlo position (AMCL) combined with the information of a single camera to complete this mission. The results of the experiments show that the proposed device is sufficiently powerful to be used in low-cost drones with only a monocular camera and minimal processing resources. The future work can involve the improvement of the autonomous navigation by fusion of the camera and the IMU in the localization part. Moreover, alternative and novel technologies such as deep learning might be able to enhance the capabilities of the system.

References

- [1] Mur-Artal, Raul, and Juan D. Tardós. "Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras." *IEEE Transactions on Robotics* 33.5 (2017): 1255-1262.
- [2] Gálvez-López, Dorian, and Juan D. Tardos. "Bags of binary words for fast place recognition in image sequences." *IEEE Transactions on Robotics* 28.5 (2012): 1188-1197.
- [3] Quigley, Morgan, et al. "ROS: an open-source Robot Operating System." *ICRA workshop on open source software*. Vol. 3. No. 3.2. 2009.
- [4] Durdu, Akif, and Mehmet Korkmaz. "Autonomously simultaneous localization and mapping based on line tracking in a factory-like environment." *Advances in Electrical and Electronic Engineering* 17.1 (2019): 45-53.
- [5] Chatila, Raja, and Jean-Paul Laumond. "Position referencing and consistent world modeling for mobile robots." *Proceedings. 1985 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Vol. 2. IEEE, 1985.
- [6] Harris, Christopher G., and J. M. Pike. "3D positional integration from image sequences." *Image and Vision Computing* 6.2 (1988): 87-90.
- [7] Smith, Randall, Matthew Self, and Peter Cheeseman. "Estimating uncertain spatial relationships in robotics." *Autonomous robot vehicles*. Springer, New York, NY, 1990. 167-193.
- [8] Doucet, Arnaud, et al. "Rao-Blackwellised particle filtering for dynamic Bayesian networks." *arXiv preprint arXiv:1301.3853* (2013).
- [9] Martinez-Cantin, Ruben, and José A. Castellanos. "Unscented SLAM for large-scale outdoor environments." *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 2005.
- [10] Montemerlo, M. "A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem with Unknown Data Association." Ph. D. thesis, Carnegie Mellon University (2003).
- [11] Kim, Chanki, Rathinasamy Sakthivel, and Wan Kyun Chung. "Unscented FastSLAM: a robust and efficient solution to the SLAM problem." *IEEE Transactions on robotics* 24.4 (2008): 808-820.
- [12] Kurt-Yavuz, Zeyneb, and Sirma Yavuz. "A comparison of EKF, UKF, FastSLAM2. 0, and UKF-based FastSLAM algorithms." *2012 IEEE 16th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*. IEEE, 2012.

- [13]Mur-Artal, Raul, and Juan D. Tardós. "Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras." *IEEE Transactions on Robotics* 33.5 (2017): 1255-1262.
- [14]Goeddel, Robert, et al. "FLAT2D: Fast localization from approximate transformation into 2D." 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2016.
- [15]Huesman, Jacob. "Converting 3D Point Cloud Data into 2D Occupancy Grids suitable for Robot Applications." *NDSU EXPLORE: Undergraduate Excellence in Research and Scholarly Activity* (2015).
- [16]Beutel, Alex, Thomas Mølhave, and Pankaj K. Agarwal. "Natural neighbor interpolation based grid DEM construction using a GPU." *Proceedings of the 18th SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. 2010.
- [17]Fankhauser, Péter, and Marco Hutter. "A universal grid map library: Implementation and use case for rough terrain navigation." *Robot Operating System (ROS)*. Springer, Cham, 2016. 99-120.
- [18]Thrun, Sebastian. "Learning occupancy grid maps with forward sensor models." *Autonomous robots* 15.2 (2003): 111-127.



Kavramlar Arası WordNet Tabanlı Anlamsal Benzerlik Değerlerinin Farklı Metriklerle Değerlendirilmesi

Mustafa Özgür Cingiz^{1*}

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4469-1440)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819599)

ATIF/REFERENCE: Cingiz, M. Ö. (2020). Kavramlar Arası WordNet Tabanlı Anlamsal Benzerlik Değerlerinin Farklı Metriklerle Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 473-479.

Öz

Kelimelerin anlam belirsizliği giderilmesi için madencilik, bilgi erişimi, doğal dil işleme gibi alanlarda yüksek doğruluklu başarı elde edilmesi için önemli bir adımdır. Kelimelerin bağlam içerisinde yer alan doğru anlamı belirlemek için sözlük tabanlı yaklaşımlar, eğitici- eğitici olmayan öğrenmede kullanılan etiketli-etiketsiz külliyatlar, kelime gömme gibi yeni yaklaşımlar sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmamız kapsamında ekonomi, teknoloji ve spor kategorilerine ait RSS haberleri haber sağlayıcılarından elde edilmiştir. Çalışma kapsamında RSS haber beslemelerindeki kelimeler kategorilere göre terim frekansı- ters doküman frekansı (tf-idf) ağırlandırması gerçekleştirilmiştir. Kelimeler arasındaki anlamsal benzerliklerin belirlenmesi için elle etiketlenmiş hiyerarşik çizge tabanlı sözlük olan WordNet tabanlı yaklaşımlar kullanılmıştır. İlk adımda tf-idf ağırlıklarına göre belirlenen kelimeler WordNet tabanlı Wu-Palmer, Lin ve Jiang – Conrath anlamsal benzerlik yaklaşımlarına göre tekrar sıralanmıştır. Aynı kategoride yer alan tf-idf değeri en yüksek elli kelimenin Kategorik Anlamsal İlişki Değeri (KAİD) hesaplanarak kelimelerin kategorilere ait anlamsal ilişki değerleri belirlenmiştir. En yüksek KAİD değerine sahip 3, 5, 10 ve 20 kelime tüm kategoriler için çıkarılmıştır. Elde edilen kelimeler elle etiketlenmiş ve tf-idf ağırlıkları kullanılarak sıralanmış kelimelerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre iki katmanlı eleme ile anlamsal ilişkileri çıkarılan kelimeler ile insan tarafından belirlenen kelimelerin benzerlik oranının yüksek olduğu sonucu elde edilmiştir. WordNet tabanlı yöntemlerle elde edilen ve sıralanan kelimeler aynı zamanda tf-idf ağırlıklandırmasıyla elde edilen ve sıralanan kelimelerle de karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre ağırlıklandırma ile sıralanan kelimelerde örtüşme oranı insan algısıyla elde edilen kelimelerden daha düşük çıkmıştır. İki katmanlı değerlendirme ile oluşturulan kelimelerin anlamsal ilişki değerleri kategori uzayında görselleştirilerek anlamsal ilişki değerlerinin başarısı değerlendirilmiştir. İleriki çalışmalarda iki katmanlı değerlendirmeyle elde edilen kelimeler bilgi edinimi, metin özetleme, metin sınıflandırma alanında kullanılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anlamsal benzerlik, En kısa yol ölçütleri, Derinlik ölçütleri, WordNet, Metin madenciliği, Bilgi sistemleri ve uygulamaları

Evaluation of WordNet Based Semantic Similarity Values Between Concepts with Different Metrics

Abstract

Word sense disambiguation is an important step in text mining, information retrieval, natural language processing to obtain more accurate results. Dictionary- and knowledge-based, supervised, unsupervised and word embedding methods are used to discover the correct sense of words in the context. We retrieve RSS feeds ,whose categories are economy, technology and sport, to utilize in our study. After data retrieval, we used data preprocessing steps of text mining and we applied term frequency- inverse document

* Mustafa Özgür CİNGİZ: Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4469-1440, mustafa.cingiz@btu.edu.tr

frequency(tf-idf) for term weighting. WordNet is a large lexical database in which sense of words are kept in hierarchical network. In the first step, the words determined according to tf-idf weights were ranked according to the WordNet based semantic similarity measures Wu-Palmer, Lin and Jiang - Conrath. We used the top fifty ranked words ,which are obtained from tf-idf scores, to calculate Categorical Semantic Relationship Value (CSR) of each word for each category. We determined the top 3, 5, 10 and 20 words due to CSR for each category. Semantic ordered words are compared with tf-idf weighting based words and hand-labeled words which are determined according to semantic relationship by humans. The similarity rate is high between words are determined by two tier semantic structure based words and human labeled words. This similarity rate is lower between words are determined by two tier semantic structure based words and words which are ordered by tf-idf values. We also visualize the semantic similarity values in class dimension space to evaluate the success of the system. We intend to use two tier semantic structure in information retrieval, text summarization and text classification projects as future works.

Keywords: Semantic similarity, Shortest path measures, Information content measures, WordNet, Text mining, Information Systems and Applications

1. Giriş

Son yıllarda sosyal ağlar üzerinden üretilen yazılı, görsel veriler ve basılı yayınların dijital ortama aktarımıyla birlikte internet üzerinde yer alan verilerin büyüklüğü üssel olarak artmıştır. İnternet kullanıcıları tarafından oluşturulan ve değerli içerik yoğunluğu düşük olan bu verilerden anlamlı bilgi çıkarımı önem kazanmıştır. Araştırmacılar bilgi erişimi, metin madenciliği, doğal dil işleme gibi çalışma alanlarında yer alan yaklaşımlar birlikte kullanılarak bilgi keşfinin yüksek doğrulukla yapılmasını hedeflemektedir.

İnsanlar metinde veya dinlediği içerikte yer alan kavramları hafızasında yer alan kavramlarla ilişkilendirebilme yetisine sahiptir. İnternette yer alan içeriklerin yüksek doğruluklu işlenmesi için de kavramlar arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekir. Metinlerde yer alan kelimelerin birden fazla anlama gelmesi kategorik değerlendirme anlam belirsizliklerine yol açmaktadır. İngilizce içeriklerde "interest" kelimesi ilgi, alaka anlamında kullanıldığı gibi faiz anlamında da kullanılabilir. Kişilerin günlük yaşamında hobilerini, ilgi alanlarını ifade ederken oluşturdukları içeriklerde "interest" kelimesi ilgi, alaka anlamında kullanılırken ekonomi, finans haberlerinde yer alan "interest" kelimesinin faiz ile ilgili olma olasılığı daha yüksektir.

Literatürde kelimelerin anlam belirsizliğini gidermek için sözlük gibi sözcüksel anlamları kullanan yaklaşımlar (Chen et al., 2005; Dang et al., 2002) sözcüklerin anlamlarını içeren etiketli külliyatlar kullanan yaklaşımlar (Mihalcea, 2007), sözcüklerin bağlamdaki yerlerini ve ilişkilerini kullanan eğitici yaklaşımlar (Seo et al., 2004) ve yarı eğitici yaklaşımlar (Pham et al., 2005) kullanılmaktadır. Son yıllarda kelime gömme (word embeddings) yaklaşımlarının kullanımıyla kelimelerin anlam belirsizliğinin gideriminde başarılı sonuçlar alınmaktadır (Simov et al., 2002). Kelimelerin anlam belirsizliğini gidermede kullanılan yaklaşımlar genel olarak sözcüklerin aynı bağlamda yer alan diğer kelimelerle olan ilişkilerini incelemekte ve kelimelerin bağlam içerisindeki gerçek anlamını belirlemeye çalışmaktadır.

Kelimelerde anlam belirsizliğinin giderimi için kullanılan bir diğer kaynak ise WordNet'tir. WordNet (Miller, 1998) , İngilizce için oluşturulmuş hiyerarşik sözcüksel bir veri tabanıdır. Bu elektronik sözlükte isimler, fiiller, sıfatlar ve zarflar kavramsal eşanlamlı kümeler (synset) ile gruplandırılmıştır. WordNet'in son sürümü olan 3.1 versiyonunda 155,287 kelime 117,659 eşanlamlı kümede yer almaktadır. WordNet'de kelimelerin farklı tüm anlamları(glosses) verilmekle birlikte her bir anlam(sense) farklı bir eşanlamlı kümede (synset) yer alabilmektedir. Eşanlamlı kümeler aynı insan zihninde olduğu gibi birbirleriyle anlamsal bağlar ile ilişkilendirilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız isimler anlamsal olarak üst kavram (hypernym: elma-meyve), alt kavram (hyponym:meyve-karpuz), sıralı terimler (coordinate term : köpek- tilki), bölümün bütünü (holonym :vagon-tren) ve bütünü üyesi (meronym: vites- araba) gibi ilişkilerle birbirleriyle ilişkilendirilebilir. Fiiler ise üst kavram (hypernym: uçmak fiilini üst kavramı seyahat etmek), bir fiili farklı şekil yapılması (troponym: kekelemek), gereklilik (entailment: horlamak için uyuma gerekliliği) gibi ilişkilerle birbirine bağlıdır. Bu ilişkileri kullanarak birbiriyle ilişkili olan kelimeler, kavramlar insan algısında olduğu gibi işaretlenebilmektedir.

WordNet hiyerarşisinde iki kavramın birbirlerine yakınlığı hiyerarşide yer aldıkların yere göre belirlenir. Bu hiyerarşide kelimeler bir çizge tabanlı ağda gösterilmektedir. Çizgede yer alan her bir düğüm kelimelere karşılık gelmekte ve düğümler arasında geçiş (graph traversing) algoritmalarıyla kelimeler arasındaki yakınlık belirlenebilmektedir. Kavram ilişkilerinin belirlenmesiyle ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Budanitsky ve Hirst (Budanitsky ve Hirst, 2006). kavramsal ilişkilerinin WordNet hiyerarşisi üzerinde belirlenmesi için üç ölçüt kullanımından bahsetmiştir. Kavram benzerliği için ilk ölçüt kavramlar arasındaki en kısa uzaklığı veren "uzunluktur". İki kavram arasındaki uzunluk kavramları gösteren iki düğüm arasındaki köşelerin sayılmasıyla bulunur. İkinci ölçüt kavramların kök düğüme olan uzaklığı yani "derinliktir". Son ölçüt ise iki kavrama kapsayan en yakın üst kavramdır (the least common subsumer- LCS). Wu& Palmer (Wu ve Palmer, 1994), Lin (Lin, 1998), Leacock & Chodorow (Leacock ve Chodorow, 1998) sadece WordNet üzerindeki kavramların birbirlerine olan uzaklık, derinlik ve LCS ölçütlerine bakarak ilişki seviyelerini belirlemeye çalışmışlardır. Resnik, Lin, Lord, Jiang & Conrath gibi araştırmacılar ise derinlik, uzunluk ve LCS ölçütlerinin yanında kavramların derimde geçme sıklıklarını kavramlar arası ilişki belirlemede kullanmışlardır. Bilgi içeriği ve köşe sayma yaklaşımlarının dışında Adapted Lesk yaklaşımı gibi özellik tabanlı yaklaşımlarda benzerlik çalışmalarında kullanılmaktadır (Oliver, 2020; Kolajo et al., 2020). WordNet kullanılarak elde edilen kavramlar arasındaki bilgi çıkarımı (Iqbal et al., 2019), metinlerde anlamsal ilişki belirlenmesi (Hasan et al., 2020), sosyal ağlarda duygu analizi ve etkileyici lider keşfinde ve metin sınıflandırmada özellik seçimi (Zhu et al., 2019), metin özetlemede (Jain et al., 2019), kullanılmaktadır.

Çalışmamız kapsamında haber sitelerinden elde edilmiş RSS haber beslemeleri kullanılarak sınıf etiketi belirlemede önemli kelimeleri belirlenerek bu kelimeler arasındaki anlamsal benzerlik ilişkileri WordNet ile çıkarılmıştır. Çıkarılan bu ilişkilerin terim

ağırlıklandırmasıyla elde edilen terimler ve elle işaretlenmiş anlamsal ilişkileri belirlenmiş kelimelerle karşılaştırılması yapılmıştır. WordNet ile belirlenen anlamsal ilişkilerin insan algısı ve kelime ağırlıklandırma ile örtüşmesi incelenmiştir.

Çalışmamızın ikinci bölümünde veri kümesi ve sistem tasarımı anlatılmıştır. Üçüncü bölümde elde edilen sonuçlar sunulmuş ve bulgular değerlendirilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar özetlenmiş ve gelecek çalışmalara değinilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde çalışmamızda kullandığımız veri seti, WordNet benzerlik çıkarım yaklaşımları ve sistem tasarımı anlatılmıştır.

2.1. Veri Kümesi

Çalışmamızda spor, teknoloji ve ekonomi kategorilerine ait 1561 RSS haber beslemesi BBC, CNN gibi haber içeriği sağlayıcılardan elde edilmiştir. Bu haberlerin 543 tanesi spor, 548 tanesi ekonomi ve 470 tanesi ise teknoloji kategorilerine ait haberlerdir. RSS haberleri haber başlığı ve haber içeriği birleştirilerek çalışmamızda kullanılmıştır.

2.2. WordNet ile Kavramlar Arası Benzerlik Çıkarım Yaklaşımları

WordNet çizge tabanlı ağ yapısında olup kavramlar düğümler halinde bu ağ üzerinde gösterilmektedir. Çalışmamızda Lin, Wu-Palmer (WP) ve Jiang Conrath (JC) benzerlik ölçüm yöntemleriyle kavramlar arasındaki yakınlıklar belirlenmiştir.

Wu-Palmer benzerliği, iki kavramın hiyerarşik bir yapıdaki yakınlıklarına bağlı olarak hesaplanır. Kenar merkezli bir benzerlik yaklaşımıdır. C1 ve C2 arasındaki yakınlık aşağıdaki denklem 1'de gösterilmiştir. C1 ve C2'yi kapsayan en yakın üst kavram LCS ile gösterilmiştir. En yakın ortak kavramın kök düğümüne olan uzaklık derinlik fonksiyonuyla verilmiş, düğüm sayarak elde edilen C1-C2 arasındaki uzaklıklık ise uzunluk fonksiyonu ile aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$WP(C1, C2) = \frac{2 * \text{derinlik}(LCS(C1, C2))}{\text{uzunluk}(C1, C2) + 2 * \text{derinlik}(LCS(C1, C2))} \quad (1)$$

Lin benzerliğine göre hiyerarşik yapıdaki iki kavramın kökleri ne kadar genel bir kavramda kesişiyorsa bu iki kavram o ölçüde benzerdir. Lin bunu ortaklık olarak nitelendirmiştir ve ortaklık aşağıdaki gibi ifade edilir. Buradaki IC bilgi içeriğini (information content) ifade etmektedir. Denklem 2'de C1 ve C2 arasındaki Lin benzerliğinin hesaplaması gösterilmiştir.

$$\text{Lin}(C1, C2) = \frac{2 * \text{IC}(LCS(C1, C2))}{\text{IC}(C1) + \text{IC}(C2)} \quad (2)$$

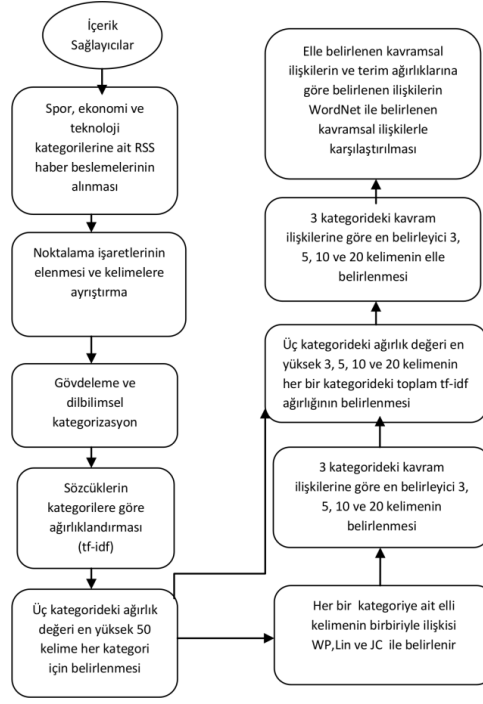
Jiang – Conrath benzerliği de düğüm merkezli bir benzerlik modeli olup bir kavramın üst kavramına olan anlamsal uzaklığını koşullu olasılıkla değerini, P, belirleyerek hesaplar.

$$JC(A, B) = \frac{1}{2 \log P(LCS(A, B)) - (\log P(A) + \log P(B))} \quad (3)$$

2.3. Sistem Tasarımı

Şekil 1'de çalışmamızın temel adımları gösterilmiştir. Üç kategoriye ait İngilizce RSS verileri haber kaynaklarından elde edildikten sonra metin madenciliğinin ön adımları Stanford NLP kütüphanesi (Manning et al., 2014) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Noktalama işaretleri atıldıktan sonra RSS beslemeleri kelimelerine ayrıştırılmıştır. Özellik sayısının azaltılması ve aynı kelimenin farklı yapılarının tek bir özellik olarak gösterilmesi için gövdeleme işlemi yapılmıştır. WordNet üzerinde kavramsal benzerliklerine bakacağımız kelime türleri isimler olduğu için Stanford NLP ile sözcüklerin türleri belirlenmiş ve isim türündeki gövdeler elde edilmiştir.

RSS beslemelerindeki bir terimin her bir kategoriye ait terim frekansı ilgili kategorideki RSS beslemelerindeki geçme sıklığı kadardır. Bir terimin ters doküman frekansı ise tüm kategorilere ait RSS beslemelerinin bir kategoriye ait geçtiği RSS beslemelerine oranın logaritmik değeridir. Bu iki değer çarpılmasıyla terim frekansı- ters doküman frekansı (tf-idf) ağırlıklandırma değerleri elde edilmiştir. Çalışmamız kapsamında her kategoriye en iyi yansıtan 50 kelime tf-idf terim ağırlığına göre belirlenmiştir. Böylece ekonomi, teknoloji ve spor kategorileriyle ilişkili terim ağırlık değeri en yüksek ilk 50 kelime belirlenmiştir.



Şekil 1. Sistem tasarımı

Üç kategoriyle ilişkili en yüksek ağırlık değerine sahip 50 terim kendi aralarındaki anlamsal benzerlik değerleri NLTK (Loper ve Bird, 2002) kütüphanesi kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 1'de gösterildiği gibi kategorileri yansıtan her kelimenin aynı kategorideki diğer kelimelerle anlamsal benzerlikleri Lin, Wu-Palmer ve Jiang-Conrath yaklaşımlarıyla ayrı ayrı hesaplanmakta ve sonunda tüm kelimelerle olan anlamsal benzerlikleri toplanarak her bir kelimenin "Kategorik Anlamsal İlişki Değerleri" (KAİD) üç ayrı benzerlik yaklaşımı için belirlenmektedir.

Tablo 1. Kategorik Anlamsal İlişki Değerleri

	Benzerlik Yaklaşım Değerleri				Toplam
	1	2	50	
1	-	0,3	...	0,04	$\sum_{i=1}^{50} f1_i$
2	0,3	-		0,71	
.			-		.
.					.
50	0,04	0,71		-	$\sum_{i=1}^{50} f50_i$

Her bir kategorideki kelimeler için belirlenen kategorik kavramsal ilişki değerlerinden en yüksek değere sahip 3,5,10 ve 20 kelime belirlenerek insan tarafından elle belirlenen kategorik değeri en yüksek 3,5, 10 ve 20 kelime ile karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde her bir kelimenin tf-idf değerleriyle ilgili kategoriye yansıma değerleri yine WordNet ile elde edilen benzerlik yaklaşımıyla karşılaştırılmıştır. Bunun için tf-idf değeri en yüksek 3, 5, 10, 20 kelime ile Wu-Palmer, Lin ve Jiang-Conrath tarafından belirlenen en yüksek 3,5,10 ve 20 anlamsal ilişki değeri skoruna sahip kelimeler karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda kavramlar arasındaki benzerlik ilişkilerinin insan algısıyla ve terim ağırlıklandırmasıyla karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İlk karşılaştırmada kelime ağırlıklandırma değeri her bir kategori için belirlenen 50 kelime kullanılarak en yüksek KAİD değeri olan 3, 5, 10 ve 20 kelime belirlenmiş ve aynı 50 kelime kullanılarak insan algısıyla oluşturulmuş en yüksek 3, 5, 10 ve 20 kelime belirlenerek KAİD ile insan algısı tarafından ortak belirlenen kelimelerin sayısı Tablo 2'de gösterilmiştir. Çalışmamızda insan tarafından (elle) belirlenen kelimelerin anlamsal ilişki değerleri için birden fazla öğrenci kullanılmıştır.

Tablo 2. Kelimelerin KAİD ve Elle Etiketlemedeki Anlamsal Değerlerine Göre Sıralamasının Karşılaştırılması

Kategori	En yüksek 3, 5, 10 ve 20 KAİD olan kelimeler											
	JC				Lin				WP			
	3	5	10	20	3	5	10	20	3	5	10	20
Ekonomi	3	4	6	10	3	4	7	10	0	1	2	9
Spor	1	2	4	11	2	2	3	12	0	1	5	14
Teknoloji	0	0	3	6	0	0	2	6	0	1	5	6

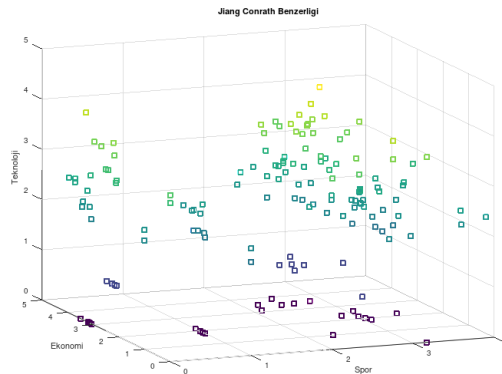
Elle etiketleme sonucunda kategorisini en iyi yansıttığı düşünülen 3, 5, 10 ve 20 kelime ile JC, Lin ve WP yaklaşımlarıyla elde edilen 3, 5, 10 ve 20 en yüksek değere sahip olan kelimelerin örtüşmesi sırasıyla Tablo 2'de her bir kategori için gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre insan algısıyla WordNet tabanlı yaklaşımların en az benzerlik gösterdiği kelimelerin teknoloji kategorisine ait olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun olası en büyük nedeni teknolojiyle ilgili yeni içeriklerin RSS beslemelerinde statik WordNet'e göre daha hızlı değişmesidir. Ekonomi ve spor kategorilerindeki insan algısıyla ve WordNet yaklaşımlarındaki oranlar genel olarak birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki kategori için insan algısı değeriyle KAİD benzerlik değerleri en yüksek 20 kelime için %50'lerin üzerinde değerler elde edilmiştir. Örneğin Wu-Palmer KAİD ile elde edilen spor kategorisine ait en yüksek değerli 20 kelimedenden insan algısıyla 14 kelime ile aynı kelimeler olduğu gözlemlenmiştir. Bir başka ilginç sonuç ise ekonomi kategorisindeki Jiang-Conrath ve Lin KAİD değeri en yüksek 3 kelimenin insan algısıyla belirlenen en yüksek değere sahip üç kelimeyle hepsinin aynı olmasıdır. Bu sonuçlara göre spor kategorisiyle insan algısının oluşturduğu en yüksek kelimelerin birbiriyle örtüştüğü gözlemlenmektedir. JC, Lin ve WP karşılaştırmasını insan algısıyla elde edilen kelimeler kullanılarak yaptığımızda üç yaklaşımın da birbirine benzer şekilde insan algısıyla örtüştüğü gözlemlenmektedir.

İkinci karşılaştırmada her bir kategoride kelime ağırlıklandırma değeri en yüksek 3, 5, 10 ve 20 kelime ile kelime ağırlıklandırma değeri her bir kategori için belirlenen 50 kelime kullanılarak elde edilen kelimeler içerisinde en yüksek KAİD değeri olan 3, 5, 10 ve 20 kelime belirlenerek örtüşen ortak kelimelerin sayısı Tablo 3'te gösterilmiştir

Tablo 3. Kelimelerin KAİD ve TF-IDF Değerlerine Göre Sıralamasının Karşılaştırılması

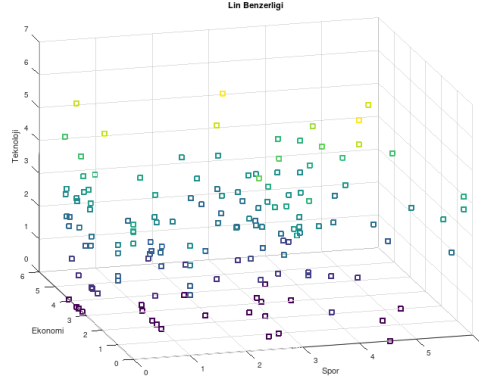
Kategori	En yüksek 3, 5, 10 ve 20 KAİD olan kelimeler											
	JC				Lin				WP			
	3	5	10	20	3	5	10	20	3	5	10	20
Ekonomi	1	2	4	8	0	0	4	9	1	1	1	9
Spor	0	0	1	7	0	0	2	6	0	0	1	5
Teknoloji	1	1	4	8	0	0	4	10	1	1	5	9

Tablo 3'te yer alan verileri incelediğimizde tüm kategoriler için tf-idf ağırlıklandırma değerleri kullanılarak sıralanan kelimeler ile WordNet tabanlı KAİD ile elde edilen kelimelerin oranının benzer olduğu sonucu gösterilmiştir. En yüksek 20 değeri olan örtüşme değerleri karşılaştırıldığında spor kategorisine ait değerlerin diğer iki kategorideki örtüşme değerlerinden biraz daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Tablo 2'deki değerlerde olduğu gibi elde edilen sonuçlarda JC, Lin ve WP tarafından KAİD değerlerine göre belirlenip örtüşen kelime sayısı birbirine benzer sayılarda çıkmıştır. Genel olarak Tablo 3'te elde edilen değerlerin Tablo 2'de elde edilen değerlerden daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle insan algısıyla elde edilen kavramlar arası benzerlik elle işaretlenerek hazırlanmış hiyerarşik bir sözlük olan WordNet ile daha uyumlu çıkmıştır.



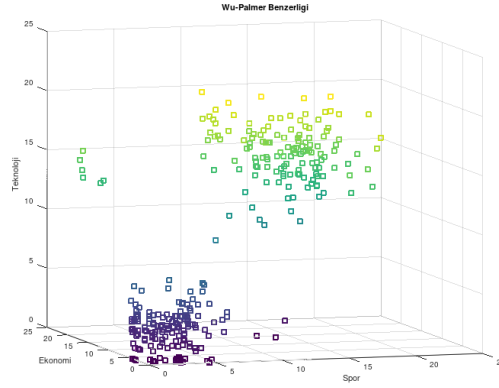
Şekil 2. Kelimelerin Jiang Conrath Benzerlik Değerleri

Şekil 2'de kelimelerin Jiang Conrath kategorik anlamsal ilişki değerleri teknoloji-ekonomi-spor kategorilerine içeren 3 boyutlu uzayda gösterilmiştir. Her üç kategori için 50 kelime olduğu için toplam 150 nokta bulunmaktadır. Mor veriler spor kategorisindeki, mavi veriler ekonomi kategorisindeki ve yeşil veriler teknoloji kategorisindeki verileri göstermektedir.



Şekil 3. Kelimelerin Lin Benzerlik Değerleri

Şekil 3'de kelimelerin Lin kategorik anlamsal ilişki değerleri teknoloji-ekonomi-spor kategorilerine içeren 3 boyutlu uzayda gösterilmiştir.



Şekil 4. Kelimelerin Wu-Palmer Benzerlik Değerleri

Şekil 4'de kelimelerin Wu-Palmer kategorik anlamsal ilişki değerleri teknoloji-ekonomi-spor kategorilerine içeren 3 boyutlu uzayda gösterilmiştir.

Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'deki veriler karşılaştırıldıklarında x-y-z eksenlerinde sıfır değerine düşen veri sayısının Lin benzerliğinde daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bunun dışında verilerin en yüksek KAİD'leri hesaplama farklılığından dolayı Wu-Palmer yaklaşımıyla elde edilmiştir. Wu-Palmer ile elde edilen verilerin değer dağılımları birbirlerine yakın çıkmakla birlikte Jiang Conrath ve Lin gösterimlerinde verilerin dağılım varyasyonları üç eksen de daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Doğal dil işleme, veri madenciliği, bilgi erişimi, metin madenciliği gibi alanlarda kelimelerin anlam belirsizliğinin giderimi önem taşımaktadır. Çalışmamız kapsamında kelimelerin anlam belirsizliği gidermek için kullanılan WordNet ile kavramlar arası ilişkiler belirlenmiştir. Anlamsal benzerlik değerleri çıkartılan kelimeler tf-idf ağırlıklandırma değerleri ve insan algısıyla elde edilen kelimelerle karşılaştırılmıştır. Veri kümesi olarak kullandığımız RSS beslemeleri ön işlem adımlarından geçirildikten sonra üç kategoriye ait terim ağırlıkları elde edilmiş ve ilişki değeri en yüksek kelimeler kullanılarak insan algısı, ağırlıklandırma değerleri ve WordNet kelime benzerlik yaklaşımları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Beklendiği üzere insan algısı ve WordNet tabanlı yaklaşım benzerlikleri terim ağırlıklandırmasıyla elde edilen kelimelerden daha benzer çıktığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre WordNet tabanlı yaklaşımlarla kelimelerin anlam belirsizliğinin gideriminde insan algısına yakın sonuçlar çıktığı sonucu çıkarılmıştır.

Benzerlik ölçütlerini kullanarak anlam belirsizliği giderimi gerçekleştiren çalışmalar literatürde yer almasına rağmen bu işlemin doğruluğunu elle etiketlenmiş veriler üzerinden yaparak insan algısıyla benzerliği üzerine yapılan çalışma sayısı oldukça eksiktir. Çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak insan algısının dışında kategorik bazlı tf-idf ağırlık hesaplaması yaparak kategoriler için belirlenmiş en belirleyici kelimelerin sıralamasının da karşılaştırmasını gerçekleştirmiştir. Kelimeler ilk olarak kategorilerdeki tf-idf değerlerine göre sıralanarak en önemli 50 kelime belirlenmiş daha sonra da bu kategorik kelimeler arasında da WordNet tabanlı yaklaşımlar kullanılarak anlamsal olarak ilgili kategoriye en iyi yansıtan 3, 5, 10 ve 20 kelime belirlenmiştir. İki aşamalı değerlendirme yoluyla elde edilen bu kelimeler metin madenciliğinde özellik seçiminde, etiket bulutu belirlemede ve metin özetlemede kullanılabilir.

Kelimelerin kategorik anlamsal ilişki değerleri aynı zamanda kategori uzayında çizdirilmiş ve anlamsal değerleri eksen üzerine yakın bulunan veriler kontrol edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek KAİD'e sahip WordNet yaklaşımı da belirlenmiştir. Verilerin

görselleştirilmesiyle kategorilere ait kelimelerin kategorileri farklı WordNet benzerliği yöntemlerine göre yansıtma gücü de değerlendirilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda elde edilen iki aşamalı benzerlik yaklaşımıyla özellik seçimi yaparak metin sınıflandırmada WordNet'in etkisi incelenecektir.

4. Sonuç

Çalışmamız kapsamında ilk olarak tf-idf ağırlıklandırmasıyla kategorik olarak anlamlı kelimeler belirlenmiş ve daha sonra bu kelimelerinde KAİD'leri çıkartılarak iki katmanlı anlamsal ilişki değerleri yüksek kelimeler insan algısı ve sadece tf-idf ağırlıklandırmasıyla elde edilen kelimelerle karşılaştırılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar ileride iki katmanlı yapının anlam belirsizliği gidermede farklı çalışma alanlarında kullanılabileceği göstermiştir.

Kaynakça

- Chen, J., & Palmer, M. (2005). Towards robust high performance word sense disambiguation of english verbs using rich linguistic features. In International Conference on Natural Language Processing (pp. 933-944). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dang, H. T., Chia, C. Y., Palmer, M., & Chiou, F. D. (2002). Simple features for Chinese word sense disambiguation. In *COLING 2002: The 19th International Conference on Computational Linguistics*.
- Mihalcea, R. (2007, April). Using wikipedia for automatic word sense disambiguation. In *Human Language Technologies 2007: The Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics; Proceedings of the Main Conference* (pp. 196-203).
- Seo, H. C., Chung, H., Rim, H. C., Myaeng, S. H., & Kim, S. H. (2004). Unsupervised word sense disambiguation using WordNet relatives. *Computer Speech & Language*, 18(3), 253-273.
- Pham, T. P., Ng, H. T., & Lee, W. S. (2005). Word sense disambiguation with semi-supervised learning. In *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 20, No. 3, p. 1093). Menlo Park, CA; Cambridge, MA; London; AAAI Press; MIT Press; 1999.
- Simov, K., Koprinkova-Hristova, P., Popov, A., & Osenova, P. (2020). A Reservoir Computing Approach to Word Sense Disambiguation. *Cognitive Computation*, 1-10.
- Miller, G. A. (1998). *WordNet: An electronic lexical database*. MIT press.
- Budanitsky, A., & Hirst, G. (2006). Evaluating wordnet-based measures of lexical semantic relatedness. *Computational linguistics*, 32(1), 13-47.
- Wu, Z., & Palmer, M. (1994). Verb semantics and lexical selection. *arXiv preprint cmp-lg/9406033*.
- Lin, D. (1998). An information-theoretic definition of similarity. In *Icml* (Vol. 98, No. 1998, pp. 296-304).
- Leacock, C., & Chodorow, M. (1998). Combining local context and WordNet similarity for word sense identification. *WordNet: An electronic lexical database*, 49(2), 265-283.
- Oliver, A. (2020). Aligning Wikipedia with WordNet: a Review and Evaluation of Different Techniques. In *Proceedings of The 12th Language Resources and Evaluation Conference* (pp. 4851-4858).
- Kolajo, T., Daramola, O., Adebisi, A., & Seth, A. (2020). A framework for pre-processing of social media feeds based on integrated local knowledge base. *Information Processing & Management*, 57(6), 102348.
- Iqbal, F., Fung, B. C., Debbabi, M., Batool, R., & Marrington, A. (2019). Wordnet-based criminal networks mining for cybercrime investigation. *IEEE Access*, 7, 22740-22755.
- Hasan, A. M., Noor, N. M., Rassem, T. H., Noah, S. A. M., & Hasan, A. M. (2020). A proposed method using the semantic similarity of WordNet 3.1 to handle the ambiguity to apply in social media text. In *Information Science and Applications* (pp. 471-483). Springer, Singapore.
- Zhu, X., Xu, Q., Chen, Y., & Wu, T. (2019). An Improved Class-Center Method for Text Classification Using Dependencies and WordNet. In *CCF International Conference on Natural Language Processing and Chinese Computing* (pp. 3-15). Springer, Cham.
- Jain, A., Vij, S., & Tayal, D. K. (2019). Text Summarization Using WordNet Graph Based Sentence Ranking. In *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking* (pp. 711-715). Springer, Singapore.
- Manning, C. D., Surdeanu, M., Bauer, J., Finkel, J. R., Bethard, S., & McClosky, D. (2014). The Stanford CoreNLP natural language processing toolkit. In *Proceedings of 52nd annual meeting of the association for computational linguistics: system demonstrations* (pp. 55-60).
- Loper, E., & Bird, S. (2002). NLTK: the natural language toolkit. *arXiv preprint cs/0205028*.



Enhancement of Near Field GB-SAR Image Quality Using Beamwidth Filter

Enes Yigit¹, Umut Özkaya², Şaban Öztürk³

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0960-5335)

² Department of Electrical Electronics Engineering, Engineering Faculty, Konya Technical University, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-9244-0024)

³ Amasya University, Technology Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Amasya, Turkey (ORCID: 0000-0003-2371-8173)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820286)

ATIF/REFERENCE: Yiğit E., Özkaya U. & Öztürk Ş. (2020). Enhancement of Near Field GB-SAR Image Quality Using Beamwidth Filter. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 480-487.

Abstract

In this study, the antenna beamwidth filter (ABF) was used to eliminate the image noise and clutter originating from the back-projection algorithm (BPA) used in near field ground-based synthetic aperture radar (GB-SAR) imaging. Since BPA interpolates the range profile obtained in each synthetic aperture onto the region to be imaged, it spreads the scattering collected in the beamwidth of the antenna to the whole region and as a result, noise occurs in the focused image. Thanks to the simple but effective technique presented in the study, each range profile was spread only to the area where the antenna beam corresponds to, and a noise-free and very clean radar images have been obtained. The effectiveness of the ABF was first verified with the simulation data and then two different real experiments were carried out. Both simulation and real measurements were carried out with step frequency continuous wave radar form. In the first experiment, because the synthetic aperture was relatively short and there was no dominant scatterer other than a metal reflector in the scene, very high image distortions did not occur between the traditional BPA and the filtered BPA results. Despite these results, there were visually noticeable distortions that occurred in the focusing of the target and noisy signs appeared in the imaged scene. In the second experiment, quite notable differences were observed between filtered and traditional BPA results, as the scan was performed over a relatively long distance and there were too many scatterers in the target area. In the image reconstructed using filtered BPA, while all targets were focused with high resolution and high contrast, in the image obtained by traditional BPA, it was observed that some small targets disappear under the noise signs. As a result of all these findings, it has been revealed that BPA with ABF has quite high performance and image quality.

Keywords: Back Projection Algorithm, Ground Based Synthetic Aperture Radar, Noise Removal, Antenna Beamwidth, Remote Sensing

Huzme Demet Filtresi kullanılarak Yakın Alan YT-SAR Görüntü Kalitesinin İyileştirilmesi

Öz

Bu çalışmada, yakın-alan yer tabanlı sentetik açıklıklı radar (GB-SAR) görüntülemeye kullanılan geri projeksiyon algoritmasından (BPA) kaynaklanan görüntü gürültüsünü ve karmaşayı ortadan kaldırmak için anten ışın genişliği filtresi kullanılmıştır. BPA her bir sentetik açıklıkta elde edilen menzil profilini, görüntülenecek bölge üzerine interpolate ettiği için, antenin huzme genişliği içinde toplanan saçılmaları tüm bölgeye yaymakta ve bunun sonucu odaklanmış görüntüde gürültü oluşmaktadır. Çalışmada sunulan basit ama etkili teknik sayesinde, her bir menzil profili sadece anten ışın demetinin karşılık geldiği bölgeye yayılarak gürültüsüz ve oldukça temiz bir radar görüntüsü elde edilmiştir. Anten ışın demet filtresinin etkinliği öncelikle benzetim sonuçları ile doğrulanmış ardından 2 farklı gerçek deney gerçekleştirilmiştir. Hem benzetim deneyleri hemde gerçek ölçümler, adım frekans sürekli dalga radar formu ile gerçekleştirilmiştir. Birinci deneyde sentetik açıklık göreceli olarak kısa olduğu ve hedeflenen bölgede metal yansıtıcı dışında herhangi bir baskın yansıtıcı bulunmadığı için, geleneksel BPA sonucu ile filtreli BPA sonuçları arasında çok yüksek görüntü bozulmaları meydana gelmemiştir. Buna rağmen hedefin odaklanmasında görsel olarak farkedilir bozulmalar oluşmuş ve görüntülenen sahnede gürültü işaretleri ortaya çıkmıştır. İkinci deneyde nisbeten uzun bir mesafede tarama yapıldığı ve taranan bölgede çok fazla saçıcı bulunması nedeniyle, filtreli ve filtresiz BPA sonuçları arasında oldukça dikkate değer farklar gözlemlenmiştir. Filtreli BPA sonucu elde edilen görüntüde tüm hedeflerin yüksek çözünürlüklü ve yüksek kontrastla odaklanırken, filtresiz BPA sonucu elde edilen görüntüde

bazı küçük hedeflerin gürültüde kaybolduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucu, ışın demet filtreli BPA'nın oldukça yüksek performansa ve görüntü kalitesine sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Geriye İzdüşüm Algoritması, Yer tabanlı Sentetik Açıklıklı Radar, Gürütlü Giderme, Anten huzme Demeti, Uzaktan algılama

1. Introduction

Synthetic Aperture Radar (SAR) is a signal processing technique generally used to obtain high-resolution electromagnetic scattering images of ground or underground targets with air or space-based systems. Such SAR systems are generally complex and expensive due to the costly platform requirements. On the other hand, in some remote sensing applications, rapid exploration of a small area of the earth with compact, low-cost high-resolution imaging sensors are desired. Examination of man-made and natural objects such as bridges, tunnels, cave entrance, water canal, underground mines, foreign object debris on airport runways, highway, vegetation cover, river, etc. are examples of these applications [1-4]. In recent years, Ground-Based SAR (GB-SAR) imaging techniques have been emphasized for the earth observation applications, and many studies have been carried out with various radar assemblies and equipment [3, 4]. In conventional SAR applications, since the distance between the antenna and target is far enough, EM wave propagation equations are solved by using far-field approximations. In the far field region, since the EM wave has a planar structure, the solutions of the backscatter equations are easy. However, in the near field, plane wave approaches are invalid and spherical wave propagation equations should be used. Since most of the GB-SAR applications are implemented in the near field region, SAR image reconstruction algorithms should be adapted to the near field region. For this reason, many useful approaches used in far field solutions cannot be used in near field region solutions. However, some SAR image reconstruction algorithms that exist in the literature can work flawlessly in near field applications due to their nature. Matched Filter Algorithm (MFA) [5], Back Projection Algorithm (BPA) [6], and Omega-K Algorithm (wkA) [7] are among the techniques that are frequently used in GB-SAR applications. Although these techniques have advantages and disadvantages compared to each other, it has been demonstrated that BPA is superior to others for near field applications [1].

BPA is a technique that creates images by superimposing 2-dimensional projections of each range profile collected along to the synthetic aperture to the coordinate axis to be displayed. As long as the cross-range length of the region to be imaged does not exceed the antenna beamwidth, highly successful focusing is achieved. However, as the scanning distance exceeds the beamwidth, the scattering signals in the range direction cause noise in the focused image. As a result, some targets cannot be detected in the focused image. In this study, using the ABF [8], this deficiency in BPA has been corrected. While the details of BPA and beam filtering method are given in the next section, the results of real GB-SAR applications are presented in the third section. In the last section, the study is summarized and the performance of the presented technique is evaluated.

2. Material and Method

2.1. Back Projection Algorithm

For the 2D scanning geometry as in Figure 1, while the instantaneous position of the radar antenna is defined by (X_n, Y_n) , the \bar{u}_n unit vector is defined from the image center towards the instantaneous position of the antenna. The angle between the unit vector at any position of the antenna and the y axis in the range direction is defined by θ_n .

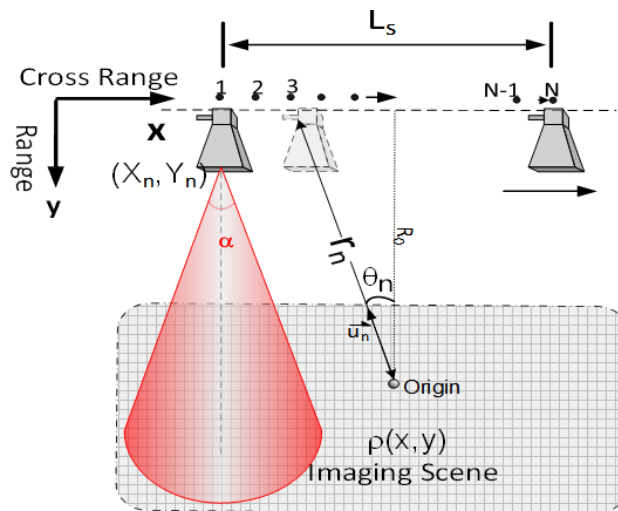


Figure 1. 2D SAR data acquisition geometry

According to these definitions, the 2D backscattering signal reflected from the targeted area along the entire aperture and collected by the antenna is expressed as follows

$$S(t_n, f_m) = E_{\theta_n}(k_r) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(x, y) \cdot e^{-jk_r r_n} dx dy \quad (1)$$

where k_r is the radial spatial frequency, denoting the bidirectional propagation and formulated as $k_r = \frac{4\pi f}{c}$ and c is the speed of light. $\rho(x, y)$ is the reflectivity function of the targeted region. r_n defines the distance from the current position of the antenna to any point (x, y) . The distance of any point in the area to be imaged from the SAR antenna is analytically expressed as follows;

$$r_n = \sqrt{(X_n - x)^2 + (Y_n - y)^2} \quad (2)$$

where X_n and Y_n are the positions of the antenna relative to the image center, x and y are the coordinate information of each pixel of the region to be imaged. The range profile of the region illuminated electromagnetically is obtained taking the inverse Fourier Transform (IFT) of Equation 1 as follows,

$$e_{\theta_n}(r) \equiv IFT\{E_{\theta_n}(k_r)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(x, y) \cdot \delta(r_n - r) dx dy \quad (3)$$

The expression of representing the scene in the 1D range profile for any observation point θ_n in Equation 3 is known as the Radon Transformation. At this point BPA starts with the IFT of the reflectivity function $\rho(x, y)$ given in Cartesian coordinates.

$$\rho(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} G(k_x, k_y) \cdot e^{j(k_x x + k_y y)} dk_x dk_y \quad (4)$$

where the Fourier Transform (FT) of $\rho(x, y)$ is expressed by $G(k_x, k_y)$. Since the spatial frequency data is collected in polar coordinates, Equation 4 can be rewritten in terms of polar coordinates (k_r, θ_n) as follows.

$$\rho(x, y) = \int_{-\pi}^{+\pi} \int_0^{+\infty} G(k_r, \theta_n) \cdot \exp(jk_r r_n) k_r dk_r d\theta_n \quad (5)$$

At this point, the Projection-slice theorem [9] is used to associate the FT of the targets with the measurement data $E_{\theta}(k_r)$. The theorem simply states that the 1D FT of the projection at any angle represents the cross section of the 3D FT of the projection at the same angle, $E_{\theta}(k_r) \equiv G(k_r, \theta)$. Using this principle, the Equation 5 can be rewritten as follows;

$$\rho(x, y) = \int_{-\pi}^{+\pi} \left[\int_0^{+\infty} E_{\theta_n}(k_r) \exp(jk_r r_n) k_r dk_r \right] d\theta_n \quad (6)$$

The inner integral in Equation 6 can be regarded as the 1D IFT of the $Q_{\theta_n}(k_r) = E_{\theta_n}(k_r) k_r$ function evaluated at r_n . If $q_{\theta_n}(r)$ is defined as the IFT of this function, Equation 6 can be expressed as

$$\rho(x, y) = \int_{-\pi}^{\pi} q_{\theta_n}(r_n) d\theta_n \quad (7)$$

Thus, the final form of the 2D BPA is obtained with Equation 7. The flow chart of traditional BPA is summarized in Figure 2a.

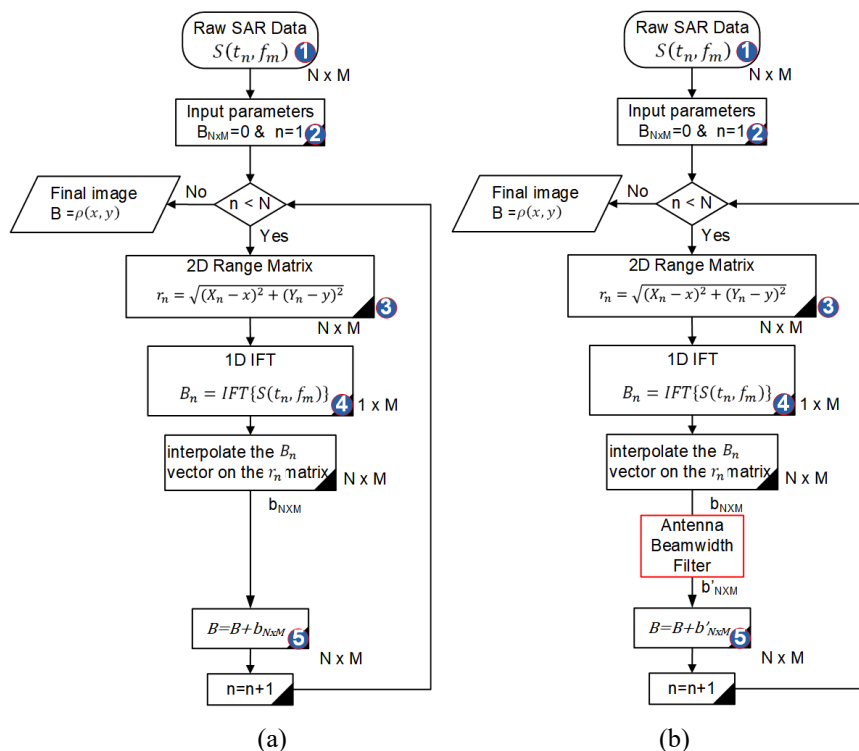


Figure 2. a) Flow chart of traditional BPA, b) Flow chart of BPA with beam filter

2.2 Antenna Beamwidth Filter for BPA

BPA, one of the SAR image focusing algorithms, performs the focusing procedure on range profiles corresponding to each synthetic aperture point. Each range profile is gathered harmoniously by spreading over a matrix grid framed with the dimensions of the region to be displayed.

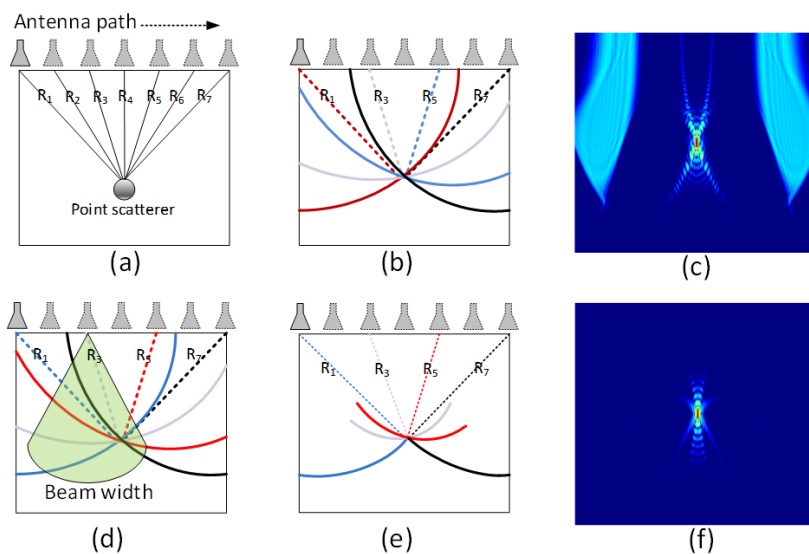


Figure 3. Graphical representation of the implementation of ABF; (a) Range distance at each synthetic aperture for point target, (b) Interpolation of range profile at each point to 2D grid, (c) Focused image after standard BPA (d) Use of antenna beamwidth filter, (e) New hyperbolic traces shortened at the end of the filter, (f) Focused image after filtered BPA

Figure 3a depicts the range lengths corresponding to each synthetic aperture during a standard SAR scan for a point target. Figure 3b shows how the BPA output works. As can be seen from Figure 3b, each range profile creates a hyperbolic arc when the range profile corresponding to each aperture is interpolated onto a new grid. When the arcs corresponding to each different aperture are gathered harmoniously on top of each other, the image focuses on the point where the target is located, as the amplitude at the target location suppresses other points. Figure 3c shows a reconstructed SAR image with a standard BPA. However, in the dynamic range of 30 dB, the effect of the side lobes shows themselves predominantly. However, when the antenna beam width is included in the algorithm with the proposed filtering, as seen in Figure 3d, the effects of the arcs outside of this beam are removed from the grid. Because in a real SAR application, while the antenna moves along to the fixed path, it collects target reflections across the beamwidth of the antenna.

Thus, after the filter is applied, as seen in Figure 3e, the dimensions of the arcs are restricted as the amount of the beamwidth. The reconstructed SAR image after filtering was acquired as a noiseless image as shown in Figure 3f.

Although the difference in simulation results for a point target is not much, in GB-SAR applications, backscatter effects from the whole area scanned by the antenna footprint are gathered in the range profile and distorts the focused image. For this reason, this filtering technique gives a very successful result in increasing the image quality in ground penetrating radar application using the SAR technique [10]. The ABF should be used after the 4th process step given in Figure 2a. According to this; for an antenna with α beamwidth, the angle γ between coordinates of the grid and the antenna is calculated as follows,

$$\gamma = \arccos\left(\frac{y}{\sqrt{(X_n-x)^2+y^2}}\right) \quad (8)$$

where X_n indicates the location of the antenna, x and y are the range and cross range coordinates of the imaging area, respectively. After the γ matrix is obtained, ABF is performed by zeroing all values for $\gamma > \alpha$ for the B_{nm} matrix shown in Figure 2a. The flow chart of the ABF applied BPA is given in Figure 2b.

3. Results and Discussion

3.1. Simulation result

In order to test the effect of ABF on focusing quality, 14 ideal scatterers are positioned horizontally 3 m away from the scanning path as shown in Figure 4a. The coordinates of the targets are given in Figure 4a. The frequency of the stepped frequency continuous wave (SFCW) radar was changed between 4.5 GHz and 6 GHz in a total of 301 discrete points. Backscattering data were collected at 200 discrete synthetic aperture points along to the 4 m. The obtained raw GB-SAR data is given in Figure 4b, while the traditional BPA based reconstructed image is given in Figure 4c. In Figure 4c, it is seen that the point targets do not have a clear focus and the side-lobe signals cause very high noise in the image. On the other hand, in the image in Figure 4d reconstructed by filtered BPA, it is seen that the targets are focused with very high contrast. These results clearly demonstrate the effectiveness of the applied filter.

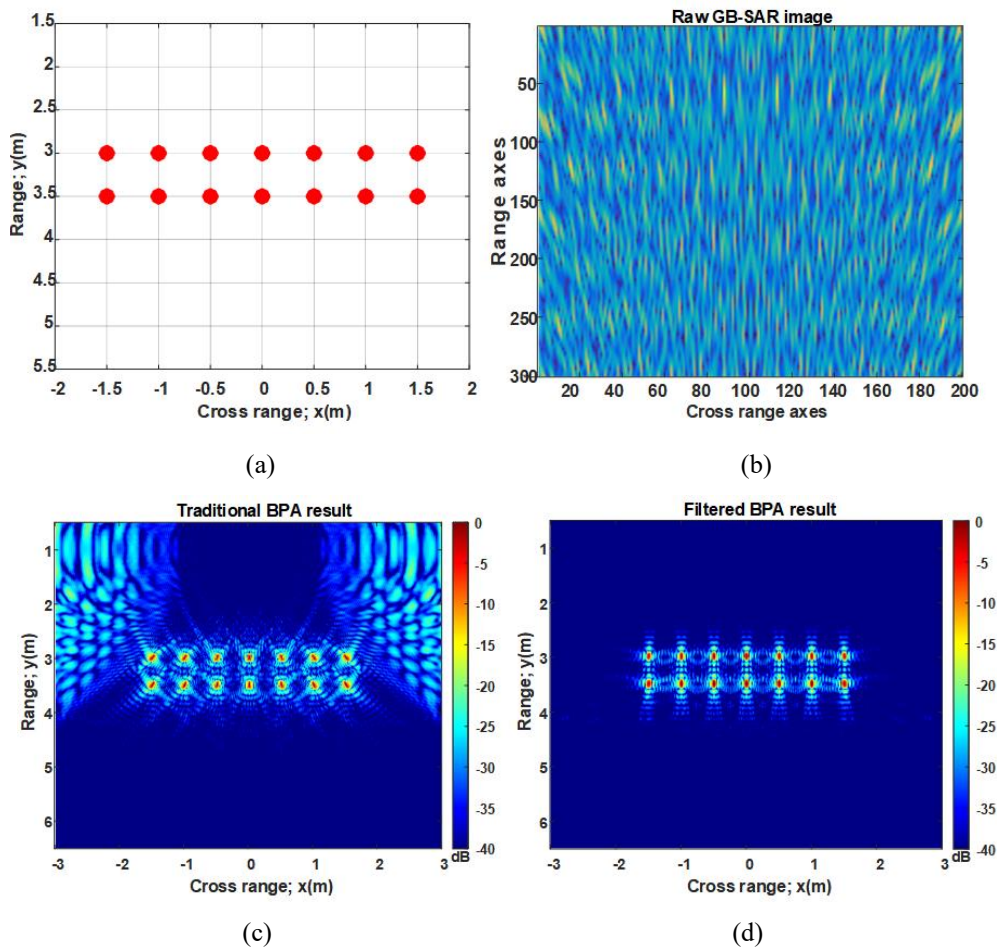


Figure 4. a) Hypothetical point targets, b) Spatial-frequency image of the GB-SAR system, c) Reconstructed image of the targets using traditional BPA, d) Reconstructed image of the targets using filtered BPA

3.2. Experimental results

Two different experiments were carried out in order to test the performance and efficiency of the ABF. SFCW data were gathered by Anritsu Handheld Vector Network Analyzer (VNA). Two C-band horn antennas having 24° beamwidth and a wheeled platform that can hold the antennas were used to collect data. All measurements were carried out in the frequency range of 4.5 GHz to 6 GHz.

3.2.1. Experiment 1 (L shaped metal reflector)

For the performance test of the filtered BPA, an L-shaped metal object with a width of 15 cm as shown in Figure 5a was first located 2.8 m away from the antenna. The frequency of the VNA was changed between 4.5 - 6 GHz at 81 points. Backscattering data were gathered along a straight path of 1 m with 100 discrete spatial points. While the obtained raw spatial frequency GB-SAR image is given in Figure 5b, the reconstructed image with traditional BPA is given in Figure 5c.

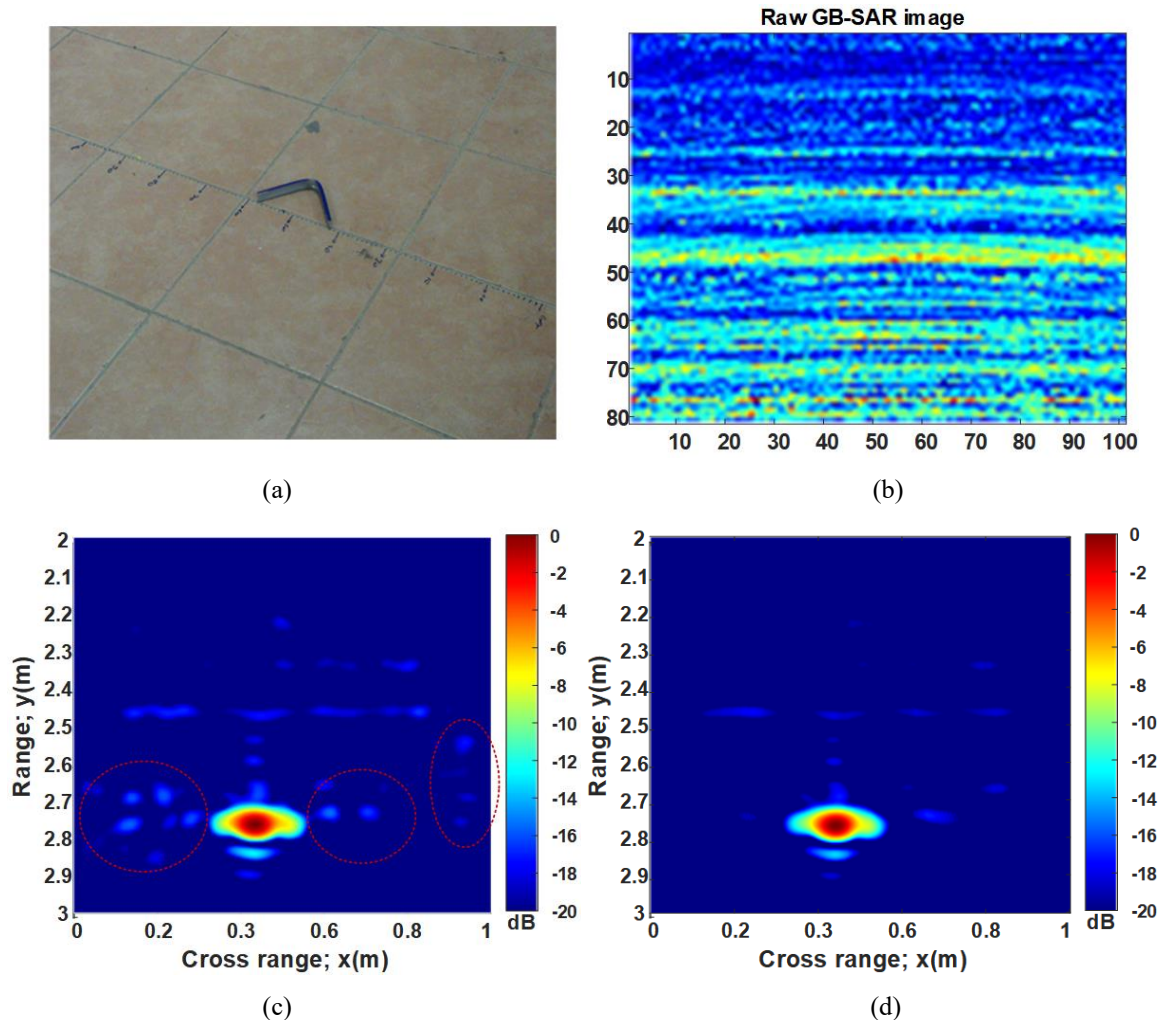


Figure 5. a) L shaped metal target, b) Spatial frequency image of the GB-SAR data, c) Reconstructed image of the target using traditional BPA, d) Reconstructed image of the target using filtered BPA

The image obtained with the filtered BPA is shown in Figure 5d. When comparing Figures 5c and 5d, it is observed that in both figures the scattering mechanism of the target is focused at its true position, but the side-lobe reflections in the target region of the filtered BPA result are lower. However, the noise reflections within the red dotted circles given in Figure 5c are not present in Figure 5d. These results reveal how effective the applied filter is. In this experiment, since the background is uniform and is a single scatterer, relatively low noise signs occurred in the image obtained with conventional BPA. In order to compare the different environment performance of filtered BPA, a second experiment was conducted.

3.2.2. Experiment 2 (Highway imaging)

This measurement was carried out on a balcony 9 m above the ground, shown in Figure 6a. The backscattering data were gathered along a straight way of 10 m with 200 spatial points. For each spatial point, the frequency of the VNA was changed from 4.5 to 6 GHz with 5 MHz frequency steps to have a total of 301 discrete frequency points. While the reconstructed raw GB-SAR image using traditional BPA is given in Figure 6b, the filtered BPA result is shown in Figure 6c. When the Figure 6b is examined, it is seen that scattering points such as the pavements, vehicle reflectors, and trash bin are focused in their real places, but there is quite a lot of noise in the image. However, when comparing Figures 6b and 6c, it is seen that the reflectors on the road are hardly visible in Figure 6b, but

are very clear in Figure 6c. Also, the noise difference between both images is visually observed and this result reveals the superiority of the applied technique. When Figure 6b is examined, it is seen that there is more noise and clutter in the areas close to the antenna path, and these distortions decrease away from the antenna path. Therefore, the necessity of using an ABF in near field imaging with BPA has been clearly demonstrated.

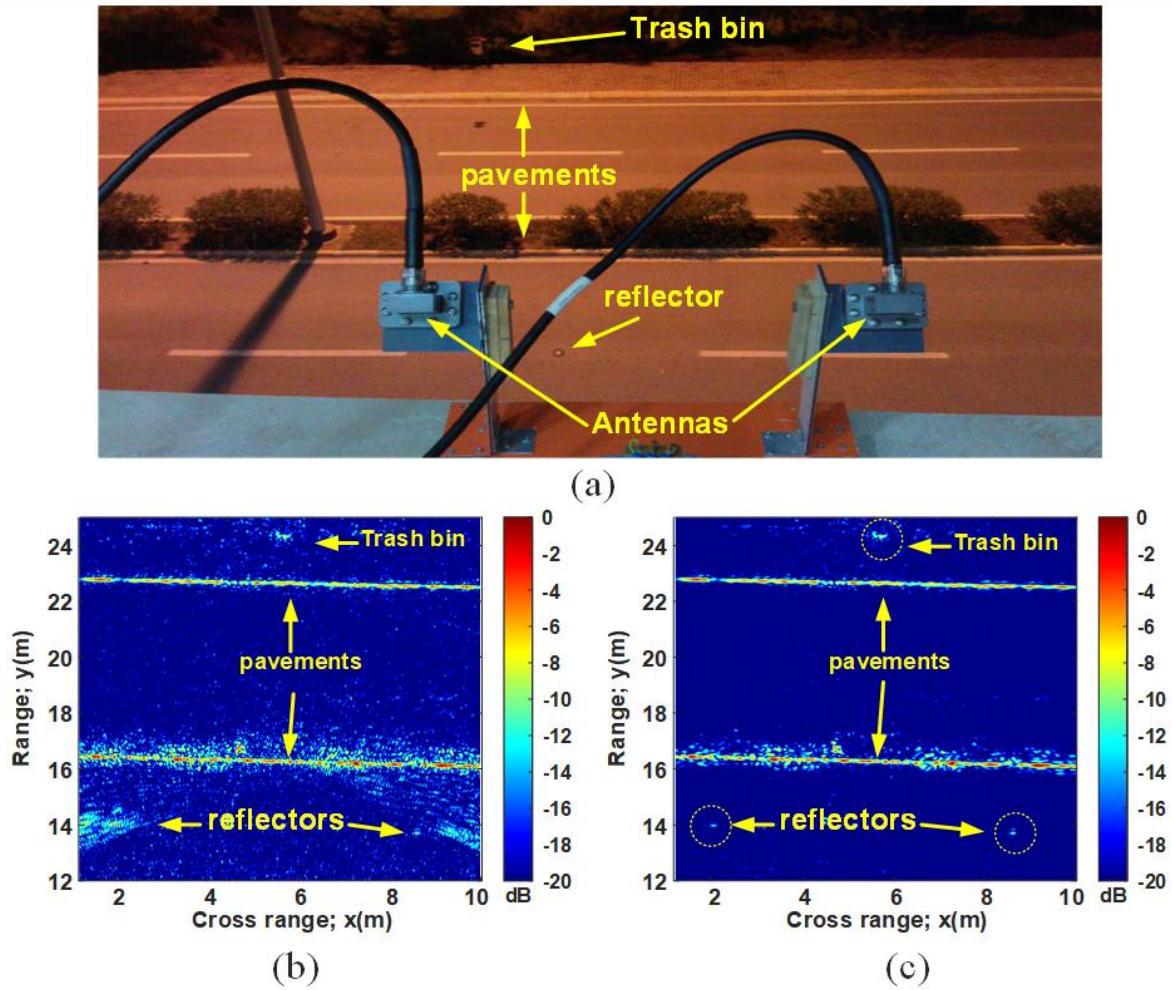


Figure 6. (a) Photograph of the scanned area during the highway experiment, (b) YT-SAR data focused on the unfiltered BPA result, (c) Focused YT-SAR data with filtered BPA

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the formulation of the back-projection algorithm (BPA), one of the most popular focussing algorithms used for near-field GB-SAR applications, is detailed. Then, antenna beamwidth filter (ABF) which can be used effectively in BPA, is presented in detail. The efficiency of the ABF was first verified with the simulation results, then 2 different real experiments were carried out. Both simulation experiments and real measurements were carried out with step frequency continuous wave (SFCW) radar form. In simulation experiments, 14 hypothetical ideal point scatterers were positioned 3 m away from the antenna scanning path and the frequency of the SFCW radar was changed between 4.5 and 6 GHz in a total of 301 points. Anritsu handheld vector network analyzer and 2 horn antennas in a quasi-bistatic configuration were used in real measurements. Real GB-SAR experiments were carried out between 4.5 GHz and 6 GHz. In the first experiment, a single metal target was positioned at a distance of 2.7 m from the antenna, while in the second experiment, GB-SAR data of a highway were collected across a synthetic aperture of 10 m. In both simulation and real application results, it was seen that filtered BPA completely cleans the unwanted sidelobes in the image and focuses the targets with very high contrast. With this study, the necessity of using an antenna beam filter in the use of BPA in near field SAR applications has been clearly demonstrated. In the light of these results, it is foreseen that filtered BPA will provide very clean focus performance in any near field application based on the SAR principle.

4. Acknowledge

The author would like to thank Prof. Dr. Caner Ozdemir and Assistant Prof. Dr. Sevket Dermici for their valuable contributions. The author also wishes to acknowledge Dr. Hakan İsikler for his help during the experiments.

References

- [1] Yigit E, Demirci S, Ozdemir C, Tekbas M. Short-range ground-based synthetic aperture radar imaging: performance comparison between frequency-wavenumber migration and back-projection algorithms. *J. Appl. Remote Sensing*. 2013;7(1): 073483 – 073483
- [2] M. Pieraccini, G. Luzi, D. Mecatti, L. Noferini and C. Atzeni, “ Ground-based SAR for short and long term monitoring of unstable slopes ” Proceedings of the 3rd European Radar Conference, 92- 95 (2006).
- [3] Yigit E, Demirci S, Unal A, Ozdemir C, Vertiy A. Millimeter-wave ground-based synthetic aperture radar imaging for foreign object debris detection: experimental studies at short ranges. *J. Infrared Millimeter Terahertz Waves*. 2012;33(12):1227 – 1238.
- [4] S.P Beasley, G. Binns, R. Hodges, R.J Badley, Tarsier., “ A Millimetre Wave Radar for Airport Runway Debris Detection ” , in Proc. of EURAD ' 04, Amsterdam (2004).
- [5] Yigit E, Unal A, Demirci S, Vertiy A, Ozdemir C. An adapted matched filter algorithm for millimeter wave ground based squint mode SAR applications, 2011 International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, DOI: 10.1109/irmmw-THz.2011.6105117
- [6] Demirci S, Çetinkaya H, Yigit E, Ozdemir C, Vertiy A. A Study on Millimeter-Wave Imaging Of Concealed Objects: Application Using Back-Projection Algorithm, *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 128, 457–477, 2012
- [7] Yigit E, Demirci S, Ozdemir C, Kavak A. A Synthetic Aperture Radar-Based Focusing Algorithm For B-Scan Ground Penetrating Radar Imagery, *Microwave And Optical Technology Letters* / Vol. 49, No. 10, 2007
- [8] Yigit E. Construction of synthetic aperture radar system for ground platforms and obtaining real terrestrial radar images, Phd. Thesis, Mersin University, Institute of Science. 2013.
- [9] Mersereau R, Oppenheim “A. Digital reconstruction of multidimensional signals from their projections”. *P IEEE*, 62(10): 1319–38, (1974).
- [10] Demirci S, Yigit E, Eskidmir I.H, Ozdemir C. Ground penetrating radar imaging of water leaks from buried pipes based on back-projection method, *NDT&E International* 47 (2012) 35–42



Estimation of Solar Radiation Value using Artificial Intelligence Networks

Mustafa Arslan^{1*}, Hakan Terzioğlu²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7729-2687)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.822172)

ATIF/REFERENCE: Arslan, M. & Terzioğlu, H. (2020). Estimation of Solar Radiation Value using Artificial Intelligence Networks. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 488-497.

Abstract

Energy need in our country and in the world is increasing day by day. Due to the limited use of fossil fuels to meet this need, the trend towards renewable energy sources has gradually increased. Solar energy, which is considered as an inexhaustible energy source among renewable energy sources, is the most widely used and studied energy source. In this study, solar radiation value has been modeled by using the data obtained from 10 kW small scale solar power plant established in Selçuklu Region of Konya province. While performing this model, the data recorded over a year from the solar power plant and the data obtained from the general directorate of meteorology were used. In this model, the solar radiation value is estimated by using the temperature value in a small scale solar power plant, the voltage and power values obtained from the PV panel. As a result of the modeling, it was seen that the modeling was performed with 86% accuracy.

Keywords: ANN, Renewable energy source, Solar radiation value

Yapay Zekâ Ağları Kullanılarak Güneş Radyasyonu Değerinin Tahmini

Öz

Ülkemizde ve dünyada enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için fosil yakıtların sınırlı kullanımını nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik eğilim giderek artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında tükenmez bir enerji kaynağı olarak kabul edilen güneş enerjisi, en çok kullanılan ve üzerinde çalışılan enerji kaynağıdır. Bu çalışmada güneş ışınım değeri, Konya ili Selçuklu Bölgesinde kurulu 10 kW'lık küçük ölçekli güneş enerjisi santralinden elde edilen veriler kullanılarak modellenmiştir. Bu model gerçekleştirilirken güneş santralinden bir yıl boyunca kaydedilen veriler ve meteoroloji genel müdürlüğünden alınan veriler kullanılmıştır. Bu modelde güneş radyasyon değeri, küçük ölçekli bir güneş enerjisi santralindeki sıcaklık değeri, PV panelden elde edilen voltaj ve güç değerleri kullanılarak tahmin edilmektedir. Modelleme sonucunda modellemenin% 86 doğrulukla yapıldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: YSA, Yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş radyasyon değeri,

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5928-8457, hterzioglu@ktun.edu.tr

1. Introduction

Energy need is one of the most important problems of today's world and it shows a rapid increase day by day due to many reasons. With the population growth in the world, the demand for new technological developments increases, because of this the energy requirement brought by industrialization increases. The depletion of fossil-based energy resources, which have negative effects on the natural environment such as global warming and toxic gas emissions, today's technological developments have started to reduce the costs of renewable energy resources significantly, increasing the interest in renewable energy resources. The sun, which is among these resources, is the most important energy source of our world. Solar energy is a preferred type of energy due to its advantages such as being environmentally friendly and not requiring maintenance. In addition, the global scale electrical energy potential of the part of the sun rays reaching the earth is 160 times the fossil fuel reserves determined until now. In other words, it is 15000 times more than fossil, nuclear and hydroelectric facilities on earth will produce in a year. (1) The average annual solar radiation value from the horizontal plane on Earth is $170\text{W} / \text{m}^2$. [2]. Sunlight hitting the earth in 90 minutes is sufficient to meet the energy need of the whole world for one year [3]. The formation process of oil, coal and natural gas, which we call fossil fuels, was also due to the sun. Renewable energy sources have gained importance as an alternative to fossil fuel-based energy sources that are about to almost extinct today.

In addition to energy sources indirectly connected to the sun such as Hydroelectric, Wind, Biomass; PV (Photovoltaic) power plants that produce electrical energy from direct sunlight are the renewable energy sources used. According to data from the Ministry of energy and Natural Resources, investments in solar energy worldwide increased by about 25% compared to previous years and exceeded \$ 150 billion. (4) Solar energy is the radiative energy released as a result of the transformation of hydrogen atoms in the sun into helium atoms [5]. Solar energy is used for different applications in our daily life. These are common usage areas such as wristwatch, calculator, telephone charging units, traffic lights, as well as street lighting, agricultural irrigation, off-grid photovoltaic systems [6]. In addition, water heating systems, solar cookers for cooking purposes and solar coolers are also among the uses of solar energy.

Our country is extremely rich in solar energy potential. It is thought to have an annual energy potential of 380 billion kWh. The average annual solar radiation in Turkey is $1.527\text{ kWh} / \text{m}^2$ per year, and the average annual sunbathing time is 2.741 hours. These values are equivalent to a daily average global radiation value of $4.18\text{ kWh} / \text{m}^2$ and a daily average sunbathing time of 7.5 hours. As of the end of June 2018, the total installed power of the PV solar power plant in our country is 4,726 MW, of which 4,703 MW unlicensed and 23 MW licensed. [7]. While the installed power of electrical energy (all power plants) in our country was 78 thousand 599 MW in 2016, it reached 82 thousand 312 MW as of October 31, 2017. In 2018 agenda focuses on domestic energy moves in Turkey. [8]. Our country is among the countries with the highest solar potential in Europe. According to the 2017 Renewable Energy Statistics Report of the International Renewable Energy Agency (IRENA), it ranked 25th among the world countries with 844 MW in 2016 in terms of photovoltaic installed power, and ranked 13th with a capacity of 3,422 MW at the end of 2017. In the European countries ranking, it was 15th in 2016, and 7th in 2017. Its installed capacity in this area in 2017, has been proportionally highest increase in the country Turkey [9].

In the literature, there are various studies such as radio estimation for different geographies and locations, examination of different PV technologies, solar radiation estimation with artificial intelligence methods, efficiency analysis and monitoring of PV systems connected to the grid.

Literature of YSA

Solar radiation data plays an important role in solar energy research. Due to the lack of Meteorology stations in the desired locations, there is no solar data here. Thus solar radiation is estimated precisely for these locations using various models.

Artificial Neural Networks (ANN) methodology is applied to the data obtained from a 750 W solar panel. It is seen that the time frame of 5 minutes provides the best solar energy forecast in the short term and can be used 35 minutes in the medium term in April. It also increased to 3 and 40 minutes for very short and medium time estimates, respectively, in August. The difference between Root Mean Square Errors (RMSEs) measured and test values varied between 33–55 W and 37–63 W, respectively, in April and August. Specifically, for solar irradiation during August, stable conditions are observed and these conditions allow the ANN to easily predict the electricity generated 30 - 300 minutes ahead [10].

The aim of this study is to review the Artificial Neural Network (ANN) based techniques to identify appropriate methods for solar radiation prediction in the literature and to define research gaps. The study shows that artificial neural network techniques predict solar radiation more precisely than traditional methods [11].

The aim of this study is to estimate the optimum tilt angle for PV panels in order to collect the maximum solar irradiance for the city of Dharan in Saudi Arabia. A newly developed optimization algorithm called the vortex search algorithm is used to predict solar radiation on the inclined surface. Moreover, in the proposed approach, a year can be divided into different periods and the optimal angle can be obtained separately for each of these periods. Horizontal tilt data (ie direct, scattered and global solar radiation) are used to estimate the optimum tilt angle. The results show that the solar radiation estimated using the optimum tilt angle is maximized compared to that predicted on a horizontal surface [12].

An artificial network network (ANN) model was used to estimate the solar radiation parameters of seven provinces from the Mediterranean region of Anatolia. Data from the Turkish state and Meteorological Services were used to estimate solar radiation. Data

for 2006 was used for testing, and data for 2005, 2007 and 2008 were estimated. The effects of the input parameter count were tested on the solar radiation, which is the output layer. The results showed that the method could be used by researchers or scientists to design high-efficiency solar devices. In addition, input parameters were found to be the most effective parameter in predicting future solar radiation data [13].

The aim of this study is to estimate the efficiency of the photovoltaic cell using artificial neural network technology, taking into account environmental impacts. For this estimate, environmental factors such as wind speed, temperature, humidity and angle of the cell were taken into account in response to the voltage value of the photovoltaic cell. In this study, an Artificial Neural Network has been modeled for a 4.2V-100mA photovoltaic cell that makes predictions about the efficiency of the cell depending on environmental factors such as wind speed, temperature, humidity and the angle of the cell with horizontal. The data required for modeling was recorded in the Keşan District of Edirne in a certain period of time. The data of the study were obtained by taking into account 5 different factors in total. These factors were determined as four input parameters called air temperature, humidity, wind speed and angle of the photovoltaic cell, and one output parameter formed by the corresponding voltage values. This model estimates the efficiency value of the photovoltaic cell well in percentage terms. In addition, it seems that the performance criteria of the network in training and testing operations are quite good. This shows that the network modeled for efficiency estimation has high prediction ability [14].

GSI estimates allow to determine the amount of photovoltaic (FV) power generated and help power grid operators estimate problems related to the nature of FV power and planning for appropriate solutions and decisions. In this study, a new methodology for local estimation of daily global horizontal radiation (GHI) is proposed, which is a combination of spatial modeling and artificial neural networks (ANN) techniques. An ANN-based model has been developed to predict local GHI based on daily weather forecasts provided by the US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) for four neighboring regions. The methodology was tested for two locations; Le Bourget du Lac (45° 38' N, 5° 51' E), located in the French Alps and Kadarache, located in the south of France. The model's estimates were compared with measured data for the two locations, and the validation results showed that the ANN method presented in this study could predict daily Global Horizontal Irradiance (GHI) with satisfactory accuracy. In this study, a new ANN-based model has been developed to predict global horizontal sunlight on the surface. The main specificity of this model is that the meteorological forecasts are used as input to fill the lack of the measured database, which is often indispensable for this type of task [15].

Artificial neural networks were used by the author in the field of solar energy; for modeling and design of a solar steam generating facility, for estimating the parabolic trough collector crossover factor and local concentration ratio, and for modeling and performance prediction of solar water heating systems. It has also been used to predict the heating loads of buildings, to predict air flow in a naturally ventilated test room and to estimate the energy consumption of a passive solar building. The errors reported in these models are within acceptable limits, clearly showing that artificial neural networks can be used for modeling in other renewable energy generation and utilization areas [16].

This article presents a solar radiation prediction technique based on fuzzy and neural networks aimed at achieving good accuracy in different weather conditions. By using fuzzy logic and neural network together, the forecast results can very well follow the actual values in different sky and temperature conditions. The effectiveness of the approach is confirmed by a case study where four different scenarios are tested. Mean Absolute Percent Error (MAPE) is much smaller than other solar radiation method. The proposed method can be used for both hourly and daily solar radiation estimation. After obtaining sky and temperature information for the next period from NEA, solar radiation can be predicted with the proposed method and with reasonably good accuracy [17].

All studies in the literature have proven that AI algorithms play an important role in improving the performance of PV systems. This article shows that AI algorithms are expected to play a critical role in all aspects of FV research. The conclusion of the research articles on the recent achievements of AI algorithms in photovoltaic systems is that AI is concerned with all aspects of PV systems design such as control and monitoring, and the research is moving towards intelligent photovoltaic systems [18].

As the power output of PV systems is critically dependent on weather conditions, unexpected changes in power outputs can increase the operating costs of the power system. Developing a reliable algorithm that can minimize errors associated with predicting near future PV power generation is extremely useful to efficiently integrate VER into the grid. FV power prediction can play a key role in overcoming these challenges. This article presents a one-hour forward prediction of power output of a PV system using a combination of wavelet transform (WT) and artificial intelligence (AI) techniques by combining the interactions of the PV system with solar radiation and temperature data. In the proposed method, WT is applied to have a significant impact on the malicious PV power time series data, and AI techniques better capture the nonlinear PV fluctuation [19].

Solar energy caused by sunlight has a structure that cannot be broken down due to the stochastic environment of meteorological conditions. Therefore, power system control and energy work require an estimate of solar energy (radiation) from a few seconds to a week in advance. A variety of solar radiation prediction methods have been used to deal with prediction shortcomings. Predictive data mining offers various methods for solar radiation prediction, of which the artificial neural network is one of the reliable and accurate methods. Artificial neural network techniques have been used in the design of solar energy systems and to predict solar radiation to evaluate the available literature on the basis of predictive accuracy and inadequacies. From the results of this study, it was seen that the artificial neural network provides good accuracy in terms of less than 20% prediction error. It has been found that the accuracy of solar radiation prediction models depends on the input parameters and the architecture type algorithms used. Therefore, when compared to other empirical models, the artificial neural network is able to cope with many input meteorological parameters, making it more accurate and reliable [20].

Finding the optimum angle of inclination of PV panels is an optimization problem. Therefore, in this paper model, the drive optimization approach such as particle swarm optimization (PSO) estimator is proposed to find the optimal slope angle and its results are compared with the analytical results. When three statistical approaches such as descriptive method, direct method and Altman-Bland methods were adopted, the PSO estimator results were found to be sufficient for the ANA results at 95% confidence interval within the scope of the statistical study. In this study, an evolutionary optimization approach is proposed, such as the PSO estimator that maximizes the total sunlight on the surface of the PV panel to Egsmax. Since the PSO estimator is a model-based approach, the selection of the appropriate model entry is extremely important. Therefore, the cost function to be optimized using the PSO and its constraints is also presented in this study. The PSO forecaster predicts product deactivation, and these results can be used to improve the energy collection of solar collectors. From the analysis it can be concluded that the PSO estimator is a model-based approach to estimate the optimum angle of inclination [21].

This study also estimated the value of solar radiation using artificial intelligence. In this study, data obtained in 2018 was used in a 10 kW solar panel system located in Konya and Seljuk campus. Solar radiation value was accepted as output in the modeling, temperature, voltage and power values obtained from the PV panel were used as input values of the modeling. From 2920 data recorded for modeling to 2336 data for training, 584 data were used for testing. As a result, a success of 86% was achieved.

1.2. Solar Energy and Power Plant

Energy, expressed in the simplest terms as the ability of an object or system to do work; light, heat, mechanical and chemical forms are the most important and basic requirements in all aspects of human life. In order to meet the energy needs, fossil fuels such as oil, coal and natural gas, as well as renewable energy sources such as wind, solar and biomass are used. The insufficiency of fossil fuels has increased the demand for renewable energy sources today, where the annual energy consumption per person is increasing day by day. Solar energy is a preferred type of energy due to its advantages such as being environmentally friendly and not requiring maintenance. Today, solar energy is generally used in heating systems and electricity generation systems.

1.2.1. Solar Energy

The Sun, which is the source of life on Earth, is also the source of the energy that human beings need to survive. The sun is about 150 million km from the earth. Except for nuclear fuels, it is the main source of all fuels used in the world. In it, fusion reactions take place, in which hydrogen is transformed into Helium, and the resulting mass difference is converted into heat energy and propagates into space. Solar energy; It is the radiative energy released by the fusion process in the core of the sun [22]. The total energy that the world gets from the sun is 1,5 quadrillion ($1,5 \times 10^{15}$) MW / h in a year. This amount of energy is equivalent to 28,000 times the energy consumed by humans in 1 year in the world. If only 0.1% of this energy reaching the earth's surface can be converted into electrical energy with 10% efficiency, a power 4 times the global electrical capacity of 3,000 GW can be obtained [23].

1.2.2. Solar Power Plant

There are basically two methods to obtain electrical energy from solar energy, indirect (solar concentrator systems) and direct (photovoltaic). In the indirect method, the motion energy from water vapor obtained as a result of focusing the energy using solar energy condensing systems is converted into electrical energy by magnetic means. In the direct method, solar energy is converted into electrical energy by chemical means by photovoltaic method. Photovoltaic systems are structures that convert sunlight falling on it directly into electricity. Nowadays, solar energy is transformed into electrical energy with an efficiency of around 25-43% depending on the structure of the photovoltaic cell [24].

Figure 1. Concentrated solar energy systems (CSP) are based on reflecting the sun rays falling over a large area to a relatively small area by means of mirrors and sun tracking systems connected to these mirrors. CSP technology is based on the principle of collecting the sun rays collected in the parabolic trough-shaped collectors in the water transmitted through the tube passing through the focus point of the mirrors and directly producing steam. Water and steam passing through the units that are connected to each other by heating and when the desired temperature and pressure values are reached from the last unit, the steam produced is sent directly to the steam turbine and electrical energy is produced without creating carbon emissions [25].

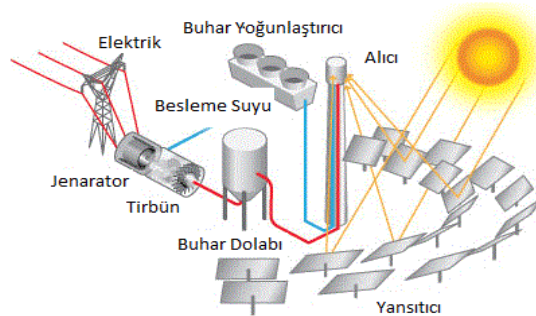


Figure 1. Concentrated solar energy systems (CSP)

Photovoltaic cells are semiconductor substances that convert sunlight directly into electrical energy. Photon particles, which are the carriers and emitters of solar energy, generate electrical energy when they fall on the photovoltaic cell. When sunlight falls on the semiconductor material, the radiation energy moves the free electrons belonging to the atom of the matter, and the current on the conductor is created by the movement of free electrons. Silicon and silicon alloys are the most commonly used materials in FV cell construction [26]. A large number of solar cells are connected in Series or parallel to each other to increase power output. This structure is called a solar cell module or FV module. Depending on the power demand, modules can be connected to each other in Series or parallel, creating FV panels or FV arrays. In this way, systems up to MW levels can be created. Currently, almost only silicon semiconductor material is used in the production of FV cells. The basic component of an FV plant is the FV cell. The cell produces approximately 4-5 Watts of power under standard conditions (temperature of 25°C, radiation power of 1000 W/m²) [27].



Figure 2. Photovoltaic System

1.3. Artificial Neural Networks

Neural Networks (ANN) is a data processing technique that was inspired by the working principle of the human brain, artificially imitating nerve cells in the brain and applying it to computer systems to solve complex problems. ANN learns from examples as in the human brain and is generally used in situations where the relationships between data are not very complex and linear. The simplest ANN structure consists of 3 different layers as input layer, hidden layer and output layer as shown in Fig 3, and one or more simple artificial neural cells called neuron or processing element in each layer.

The most important point in modeling any problem with the ANN method is to determine the most appropriate network architecture that will provide the best solution to the problem, namely the number of hidden layers and the number of processing elements in the hidden layer (s). The number of process elements in the input and output layer is equal to the number of parameters to be used in modeling, while the number of hidden layers and the number of process elements in each hidden layer vary depending on the difficulty of the problem to be modeled. As the relationship between the data in the problem to be modeled becomes complex, the number of hidden layers in the network architecture to be created and the number of processing elements in each layer generally increase.

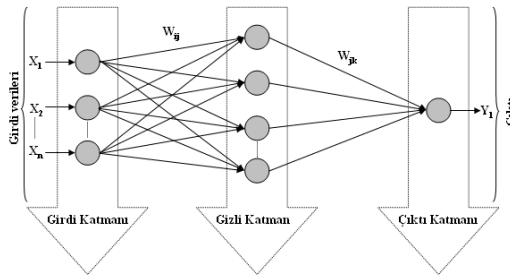


Figure 3. Basic three layer ANN

1.4. Accuracy of Modeling

Accuracy is a value that shows how close the calculated value is to the measured value. Equation x is used to determine the error value between the measured value and the calculated or predicted value for each data value.

$$\delta_i = \frac{|R_a - R_a^0|}{R_a} * 100 \quad (1)$$

Here

δ_i : Error of each data,

Ra: Estimation results,

Ra0: Experimental results,

i: Data means value.

Equation xx is used to determine the total error of all the model.

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_i^n \delta_i \quad (2)$$

Here: Estimated accuracy of the model, n = Number of data.

2. Material and Method

2.1. Solar Power Plant

A 10 KWp solar power plant with solar panels has been established in Selcuk University Technical Sciences vocational school garden. The installed power plant is connected to the energy system of Myo. All technical specifications determined by the Energy Market Supervisory Board were carefully fulfilled in the system installation.

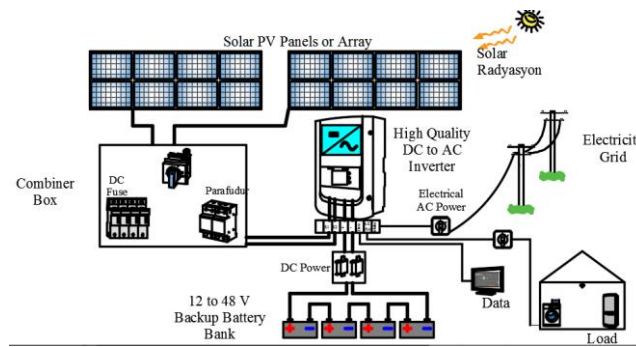


Figure 4. On-Off Grid Network

Photovoltaic systems to generate electricity from the sun; Depending on the applications, PV panels consist of accumulators, inverters, battery chargers and various protection elements. PV modules are used as power source in the system. If the systems are Off-Grid (without network connection), the electrical energy obtained from the sun is stored in accumulators by means of battery chargers. Inverters are needed for On-Grid (network connected) and situations where alternating current is needed. Especially in grid-connected systems, the surplus of electricity generated can be sold to the grid without the need to store it. The application works as both On-Grid and Off-Grid. The batteries used are controlled by the inverter without the need for a separate charge control unit.



Figure 5. Control and recording system

2.2. Photovoltaic panels

FV batteries, first discovered by French physicist Edmond Becquerel in 1839, are semiconductor materials that convert sunlight on their surface into direct current electrical energy without any intermediate elements. The first solar cell was discovered by Charles Fritts in 1884 [28].



Figure 6. Photovoltaic panels

In this study, 270 W monocrystalline panels were used. Panels are products tested and approved according to IEC 61215 (for crystal modules) and IEC 61730 (Photovoltaic module safety qualification) standards, which are defined by international standards, and bear the CE mark. For the standard test conditions specified on each panel label; At least 270Wp power, 37V open circuit voltage and 9A short circuit current are predicted. The maximum system voltage of the panels is 1000 V. Panels have IP67 (female-male connector connected) protection class integrated connectors. The cables of these connectors are of different lengths to provide visual separation of the positive (+) and negative (-) poles. The panels have connection boxes with IP65 protection class. There are at least three bypass diodes in these junction boxes.

Table 1: Electrical values of panels under Standard Test Conditions

Standard Test Conditions (STC) Electrical parameters			
Module type			M60-270A
Power output	Pmaks	W	270
Module efficiency	η	%	19
Voltage = Pmax	Vmpp	V	32,14
Current = P max	Impp	A	8,4
Open circuit voltage	Voc	V	36,84
Short circuit current	Isc	A	8,99

2.3. Accumulators

Batteries that are used to store electrical energy generated in Off-Grid systems can be grouped as Water Type Batteries, VLRA type, AGM and GEL, Nickel based, NiCd and NiMH, Li-Ion type batteries. Batteries store electrical energy chemically. It is used to meet the energy needed at the end of the sunshine period in solar energy systems. Its filling and usage are controlled by special circuits. Capacities are given in Ah hour. Batteries with deep discharge (Depth Of Discharge) are used. The measure of how much the DOD battery will be discharged is the ratio of charge current and discharge current to the capacity of the C battery. Example 100Ah battery $C / 10$ charge \rightarrow max. 10A charging current. More AGM and GEL batteries are used in photovoltaic systems. Batteries can be connected in series / parallel according to the energy desired to be stored. In series connection Voltage is collected, in parallel connection current is added. Batteries of the same type and capacity must be used in serial / parallel connection. Voltage equalization of batteries used at certain times should be made. 200A / h Gel batteries were used in this application.



Figure 7. Batteries connected in series with 200 Ah 12 V

2.4. Inverter

They are electronic devices that convert the direct current electrical energy produced by the panels into alternating current. The solar inverter is the most important component of every PV plant. Inverters are intelligent system managers. It not only converts the direct current generated by the PV modules into alternating current suitable for the grid, it also supervises the gains and controls the local electricity grid. The electricity consumed in Off-Grid (Independent solar photovoltaic system, a system not connected to the grid) comes only from the energy produced by the PVs. Such systems store the excess energy generated in batteries. On-Grid solar photovoltaic system is a grid connected (parallel) system. When solar energy is available, the system supplies the generated energy to the grid. Hybride (hybrid) solar photovoltaic system is a system where solar and grid power technology are used together to provide more advantages.

If the energy generated by the PVs is sufficient for consumption, the inverter will use the PV energy and charge the battery. Likewise, if consumption exceeds PV energy, the inverter will take extra energy from the grid. When there is no sun, the inverter uses only the energy from the batteries or takes the energy it will use from the grid, depending on its energy consumption. Since this application includes a hybrid system, a 10kW Hybrid inverter was used to suit this situation.



Figure 8. 3 Phase Hybrid Inverter

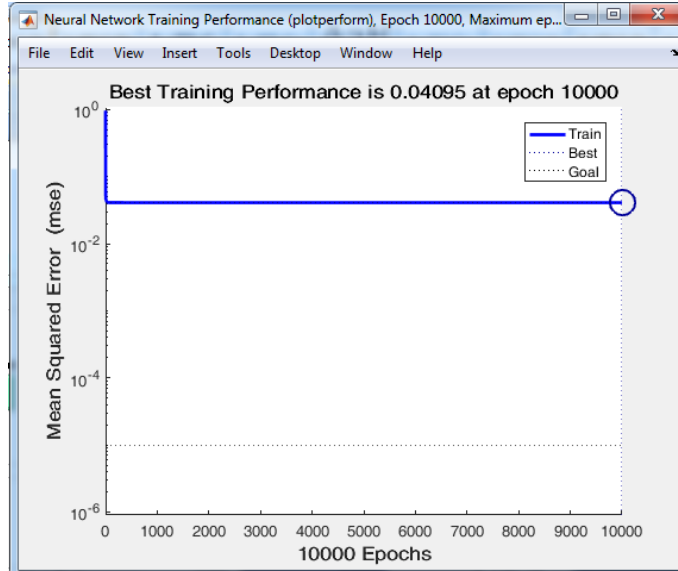
2.5. Cables and Protection Elements

In photovoltaic systems, the choice of cable should not be neglected. In particular, it is one of the main factors that should be considered when calculating DC (direct current) systems, and the cost of damage caused when not paying attention is high. FV solar cables will be made by using FV1-F type solar cables that are type approved with TÜV certificate, resistant to high temperature and heat, UV resistant, double insulated, halogen-free, lead-free, with "class 5" bendable conductors in accordance with IEC 60228 and IEC 60287 standards. Solar cables to be used in the system must be produced according to 1800V rated voltage.

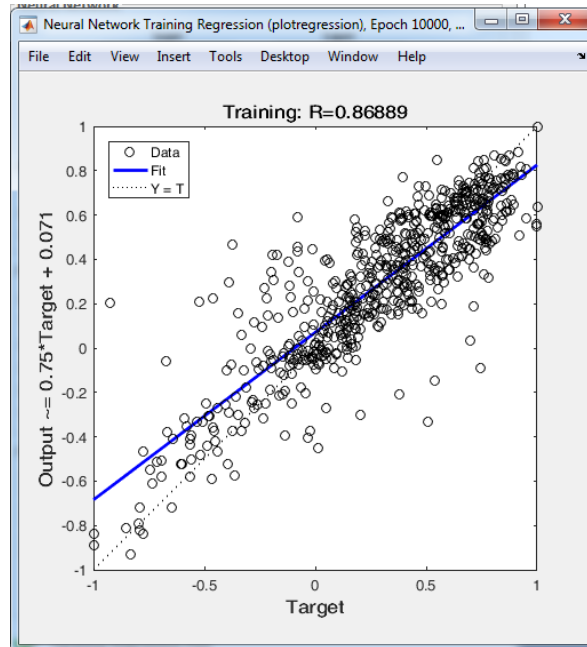
Collector boxes must have DC IP65 and Class II insulation class in accordance with IEC 61439-2, 61439-3 and UTE C 15-712-1 standards. Collector board must be made of non-conductive material. Panels to be mounted in the open facility area will have 2 DC FV serial (string) inputs and 2 DC MPPT outputs. DC voltage is 1000VDC, series current is 12A / serial. There will be suitable DC fuses at both positive and negative outputs of each series. These surge arresters will be placed in panels. Surge arresters will be at 1000 Vdc rated voltage; the rated discharge currents will not be less than 12.5 kA and the maximum discharge currents will not be less than 25 kA. Operating temperature will be between -40°C and 85°C . The disconnecter switch will be a 0-1 position rail type switch. The switch will be used to turn on and off 1000VDC and 25A DC current. Residual current relay and automatic fuses are used by the network. In addition, the system has a bidirectional counter.

3. Results and Discussion

In this study, an ANN model with 3 inputs and 1 output is created. A total of 2920 data used in the training and testing of the ANN model was obtained in 2018 in a 10 kW Solar Panel system located in Konya and Selçuklu campus. In the modeling realized, the solar radiation value was accepted as the output and the temperature, voltage and power values obtained from the PV panel were selected as the input values of the modeling. From 2920 data recorded for modeling to 2336 data for training, 584 data were used for testing. As a result, a success of 86% was achieved. ANN model was implemented in MATLAB program. Values obtained as a result of modeling are given in Fig. 9-10.



Şekil 9. Best training performance



Şekil 10. R value of test data

4. Conclusions and Recommendations

Nowadays, solar energy is being used more and more every day. Studies on this subject are increasing day by day. In this study, the solar radiation value was modeled using ANN. As a result of the created modeling, an accuracy of 86% was obtained. In this study, data for only one year was used. In the next studies, it is thought that the accuracy rate will increase as a result of increasing the number of these data.

References

- [1] Kamil B. Varınca, Gamze Varank, “Rüzgar Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu, pp. 367-376, 2005
- [2] 2010 Survey of Energy Resources World Energy Council https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/ser_2010_report_1.pdf
- [3] Çanka Kılıç, F. (2015). GÜNEŞ ENERJİSİ, TÜRKİYE’DEKİ SON DURUMU VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ. Engineer & the Machinery Magazine, (671).
- [4] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 2015. MİLGES, MİLHES, MİLKANAT ve (YGDA) Sistemi Geliştirilmesi Projeleri, 7.5.2015
- [5] Öztürk,H.H,2012, “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”,Adana, Birsen Yayınevi
- [6] Çolak, İ., Bayındır, R., Demirtaş, M., “Türkiye’nin Enerji Geleceği”, TUBAV Academic Press, Volume No:1, Issue:2, Page:36-44, (2008)
- [7] Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, 20 Ekim 2018
- [8] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, <https://www.dunyaenerji.org.tr/yenilenebilir-enerjiler-2018-kuresel-durum-raporu/>,18 Aralık 2018
- [9] Uluslararası yenilenebilir enerji ajansı (The International Renewable Energy Agency (IRENA)) <https://www.irena.org/>
- [10] Izgi, E., Öztopal, A., Yerli, B., Kaymak, M. K., & Şahin, A. D. (2012). Short–mid-term solar power prediction by using artificial neural networks. Solar Energy, 86(2), 725-733.
- [11] Yadav, A. K., & Chandel, S. S. (2014). Solar radiation prediction using Artificial Neural Network techniques: A review. Renewable and sustainable energy reviews, 33, 772-781.
- [12] Ramli, M. A., & Boucekara, H. R. (2018). Estimation of solar radiation on PV panel surface with optimum tilt angle using vortex search algorithm. IET Renewable Power Generation, 12(10), 1138-1145.
- [13] Koca, A., Oztop, H. F., Varol, Y., & Koca, G. O. (2011). Estimation of solar radiation using artificial neural networks with different input parameters for Mediterranean region of Anatolia in Turkey. Expert Systems with Applications, 38(7), 8756-8762.
- [14] ÖZKİŞİ, H., & TOPALOĞLU, M. (2017). Fotovoltaik Hücrenin Verimliliğinin Yapay Sinir Ağı İle Tahmini. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(3), 247-253.
- [15] Amrouche, B., & Le Pivert, X. (2014). Artificial neural network based daily local forecasting for global solar radiation. Applied energy, 130, 333-341.
- [16] Kalogirou, S. A. (2001). Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review. Renewable and sustainable energy reviews, 5(4), 373-401.
- [17] Chen, S. X., Gooi, H. B., & Wang, M. Q. (2013). Solar radiation forecast based on fuzzy logic and neural networks. Renewable Energy, 60, 195-201.
- [18] Youssef, A., El-Telbany, M., & Zekry, A. (2017). The role of artificial intelligence in photo-voltaic systems design and control: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78, 72-79.
- [19] Mandal, P., Madhira, S. T. S., Meng, J., & Pineda, R. L. (2012). Forecasting power output of solar photovoltaic system using wavelet transform and artificial intelligence techniques. Procedia Computer Science, 12, 332-337.
- [20] Qazi, A., Fayaz, H., Wadi, A., Raj, R. G., Rahim, N. A., & Khan, W. A. (2015). The artificial neural network for solar radiation prediction and designing solar systems: a systematic literature review. Journal of cleaner production, 104, 1-12.
- [21] Sanjaya Kumar Sahu, Nagendra Tripathi and Supriya Tripathi, A Model Driven Optimization Approach to Determine Tilt Angle of Solar Collector in India, International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology, 10(2), 2019, pp. 431-448.
- [22] Öztürk,H.H,2012, “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”,Adana, Birsen Yayınevi
- [23] Güney Marmara Kalkınma Ajansı,2009 <https://www.gmka.gov.tr/>
- [24] The National Renewable Energy Laboratory <https://www.nrel.gov/pv/assets/pdfs/pv-efficiencies-07-17-2018.pdf>
- [25] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_tek_nedir.aspx T.C
- [26] Haouari-Merbah, M., Belhamel, M., Tobias, I., Ruiz, J. M. 2005. “Extraction and Analysis of Solar Cell Parameters From the Illuminated Current–voltage Curve”, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.87, Mayıs 2005, pp. 225-233.
- [27] PV Panel Güçleri, http://www.altungroup.com/Kataloglar/Bisol_mono_solar_paneller.pdf, 20 Ekim 2018
- [28] Terzioğlu, H., Kazan, F. A., & Arslan, M. (2015, April). A New Approach to the Installation of Solar Panels. In Information Science and Control Engineering (ICISCE), 2015 2nd International Conference on (pp. 573-577). IEEE..



Computer Control of Z-Axis Movement in Micro Drilling Machine

Hakan Terzioğlu^{1*}, Gökhan Yalçın², Süleyman Neşeli³

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5928-8457)

² Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4491-0228)

³ Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5979-3728)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.822152)

ATIF/REFERENCE: Terzioğlu, H., Yalçın, G. & Neşeli, S. (2020). Computer Control of Z-Axis Movement in Micro Drilling Machine. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 498-503.

Abstract

In this study, the automatic control of the feed axis is aimed to drill holes in micron diameters and precision by using a desktop drill. The control was carried out with the Visual Studio C # interface program using the feed rate, drilling depth and exit speed parameters of the drill in one axis. At the same time, the microprocessor control card enables the stepper motor of the drill to be managed and communicates with the computer. Using EEPROM memory, it is possible to work without the need of a computer whose operating parameters are stored in memory. PIC18F2550 microprocessor control board is used to control all components of the machine. In this way, both stepper motor drive and communication with computer are provided. With the designed control circuit, drilling can be performed with 3,6 degree precision. As a result of the drilling process carried out at different speeds and lengths of micron diameter (0.18-0.25 μ) drill bits with the system created, it was seen that ideal drilling process could be performed according to the desired quality characteristics of the machine.

Keywords: Drill, Micro Drilling, Axis Control.

Mikro Delik Delme Tezgahı Z Ekseninin Bilgisayarla Kontrolü

Öz

Bu çalışmada bir masaüstü matkap tezgahı kullanılarak, mikron çaplarda ve hassasiyette delik delebilmek için ilerleme ekseninin otomatik kontrolü amaçlanmıştır. Yapılan kontrol matkabın tek eksenindeki ilerleme hızı, delme derinliği ve çıkış hızı parametrelerini kullanarak Visual Studio C# ara yüz programı ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda mikroişlemcili kontrol kartı sayesinde, matkabın step motoru yönetilmekte ve bilgisayarla haberleşme sağlanabilmektedir. EEPROM hafıza kullanmak suretiyle çalışma parametreleri hafızaya kaydedilmiş bilgisayara gerek olmadan çalışma imkanı oluşturulmuştur. Tezgahın tüm bileşenlerinin kontrolü için PIC18F2550 mikroişlemcili kontrol kartı kullanılmıştır. bu sayede hem step motor sürmesi hem de bilgisayar ile haberleşme sağlanmıştır. Tasarlanan kontrol devresi ile 3.6 derece hassasiyet ile delme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Oluşturulan sistemle mikron çaptaki (0.18-0.25 μ) matkap uçlarının farklı hızlarda ve boylarda gerçekleştirilen delme işlemleri sonucunda tezgahın istenilen kalite karakteristiklerine göre ideal delme işlemi gerçekleştirilebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Delme, Mikro Delik delme, Eksen Kontrolü.

* Corresponding Author: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5928-8457, hterzioglu@ktun.edu.tr

1. Introduction

Developing technology in production systems and high accuracy part production demand requires micro precision and machining. With micro-machining, drills take up less space and workpieces are produced at the same standards, waste material rates are reduced and production efficiency is increased and manpower and electrical energy consumption are minimized. With the rapidly growing micro processing industry, high efficiency is achieved in the use of resources and time. Automation systems and production of hole drilling operations, which are widely used in many fields such as automotive, machinery, aerospace industry, are an inevitable result of industrial development. Especially for small holes, hole position and diameters require micron level precision. The most important factor in drilling holes in micron diameters and precision is that the feed rate can be fixed at constant speed and adjustable at certain intervals.

Electrical discharge machining (EDM) is a material forming process that is widely used in the production of parts in the aerospace, automotive and surgical field, which is particularly preferred for difficult to process materials with complex shapes. EDM is one of the most efficient production processes capable of extremely precise production. It is a non-contact thermal energy process used to process electrically conductive components independent of the mechanical properties of the material. Studies in the literature on EDM have shown that process performance can be significantly improved by proper selection of process material and operating parameters.

Due to the difficulty in observing the void space directly, there is almost no literature regarding the quantitative assessment of bubble behavior. Electrical discharge machining (EDM) stated that during drilling of micro-blind holes, the processing medium would gradually deteriorate due to the accumulation of debris and increased concentration density in the narrow space area. They concluded that the bubbles in the cavity area were the main driving force for the exhaust exchange of dielectric fluid and debris.

Take Oliaei horse. [3] stated that it is advantageous to study materials which are difficult to drill and process due to micro-EDM method compared to conventional mechanical micro drilling. In addition to the micro-EDM working principle, they included applications on hard-to-cut materials such as Ti and Ni alloys.

High aspect ratio micro-holes are increasingly used in various applications such as aerospace, medicine and automotive. Take Dongre horse. [4] investigated the properties of micro-hole perforation ($\mu 100 \mu\text{m}$) with super-CW fiber laser on super-alloy materials using experimental methods and numerical modeling. As a result, micro-holes with a diameter of around $100 \mu\text{m}$ were formed using percussion technique on a 2 mm thick super-alloy material. The demand for high aspect micro-holes is increasing day by day. Functional micro holes are required especially for applications in the semiconductor and biomedical industries. Products used in these areas should contain holes with high contour accuracy and minimal thermal damage. In addition, the materials used in these applications are difficult to process such as super alloys and composite materials. Aslantaş and Kaynak [5] stated that laser processing is an extraordinary method for producing high precision micro properties. Femto reported that the development of pico-second lasers is a method for increasing precision for micro-manufacturing. micro-hole drilling 12 WTi-sapphire using 50-100 fs laser.

Shape memory alloys (SMA) are widely used in the biomedical field due to their unique properties. Among these alloys, NiTi alloys are the most commonly used materials. A method for shaping these alloys is the machining technique. If NiTi alloys have to be machined mechanically, the crystal lattice structure may change and phase conversion may occur. Phase conversion naturally affects cutting forces and tool life. Aslantaş and Kaynak [6] investigated experimentally the milling of NiTi alloy under micro cutting conditions. For this purpose, an experimental setup capable of cutting at high precision and high cutting speeds was used. In this study, the feed rate and chip depth are taken into consideration in a wide range and the output parameters, cutting forces, surface roughness and burr width are tried to determine the chip thickness which is critical for milling the NiTi alloy.

Friction drilling is a non-traditional manufacturing method with the effect of heat generated by friction at the workpiece-tool interface with a rotating tool. The purpose of this method is to increase the length of the connection in thin-walled sheets by means of the sleeve formed at the bottom of the hole. In the study conducted by Özek and Bak [7], it was aimed to investigate the effects of material thickness and tool diameter on the barrel height, barrel wall thickness and micro hardness change in friction drilling method. In experimental studies, it was stated that material thickness and tool diameter had a significant effect on sleeve wall thickness and sleeve height, but micro hardness values did not change much.

In addition to the drilling process, micromachining is also gaining more importance today [8]. Along with the development of computers, the role of the computer in hole processing has also improved. Thanks to computers, the sensitivity of movement and control ability on 3 axes has increased [9,10]. There are many detailed articles and studies on this topic in the literature. Micro machining techniques may also differ in Cnc milling machine design [11, 12]. Parameters such as vibration, accuracy and precision stand out during the process [13, 14]. The efficiency of the system is kept at a high level with the help of refrigerant liquids at the time of operation, resulting in a higher quality machining process [15]. Micro processing methods are applied in the design of manipulators, control of motors and wide range of uses [16, 17, 18].

In this study, a desktop drill, which was our own design, was adapted for micro drilling process for accurate positioning and drilling of desired micro precision holes by making some changes. For this purpose, a stepper motor is placed on the Z axis in order to

control the drill movement automatically in the direction of the vertical axis. Thanks to the arrangements made, a high performance drill machine can be drilled at high speed and precise feed values.

2. Material and Method

2.1. Drilling Machine and Their Components

In this study, a drill machine was designed in which precision drilling operations can be performed with stepper motor connected to our own design drill machine. The general view of the designed machine is given in Figure 1.

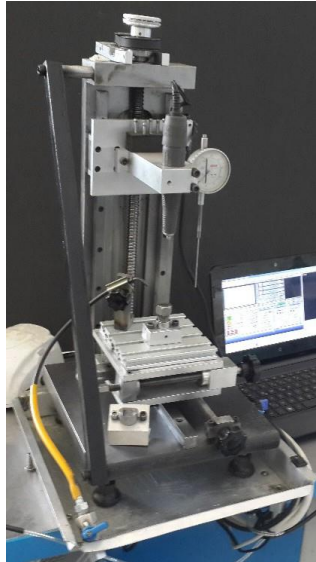


Figure 1. Designed drill machine.

2.1. Drilling Machine and Their Components

Figure 2 shows the control board used for communication with the computer in addition to setting the drill speed and position. Mach3 CNC usb control card 3 Axis 200 kHz AKZ250 Leafboy77 usb interface control card is used. The preferred control card for servo motor control has 15 inputs and 15 outputs. Especially because the control card has USB communication and the speed is sufficient for the system, this card has been preferred in this study. This control card is also used to control the drill stand and to establish the connection between the control circuit and the computer.



Figure 2. Mach3 CNC USB 3 Axis 200 KHz AKZ250 Leafboy77 control card.

2.1. Step Motor And A4988 Step Motor Driver

In this study, a high power bipolar 200 step NEMA 23 stepper motor of Pololu brand was used. This stepper motor draws 19 kg-cm of torque, 200 steps at a full turn of 1.8 degrees, and draws a current of 2.8 A under 3.2 V voltage per phase. A4988 driver integrated is used to control this stepper motor. The application diagram of this driver integrated circuit is given in Figure 3.

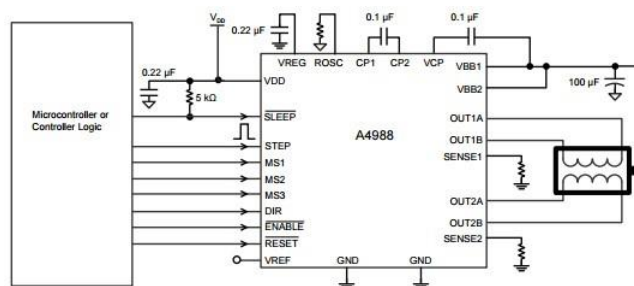


Figure 3. Application diagram of A4988 driver.

The signals in Table 1 were used to determine the operating speeds of the stepper motor controlled by microcontroller.

Table 1. Microstepping Resolution Truth Table.

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution	Excitation Mode
L	L	L	Full Step	2 Phase
H	L	L	Half Step	1-2 Phase
L	H	L	Quarter Step	W1-2 Phase
H	H	L	Eighth Step	2W1-2 Phase
H	H	H	Sixteenth Step	4W1-2 Phase

3. Results and Discussion

Although drill lathes are generally used to create holes that do not require precision, a lathe is designed in which precision drilling can be performed. The stepper motor is connected to the system to control the Z axis of the drill stand. H22A1 hall effect sensors are connected to the starting point of the axis of movement of the machine and to the point where the drilling process will start in order to provide position control. These connected sensors are used to eliminate system errors and ensure system security. The schematic representation of the machine and its components used in this study is given in Figure 4.

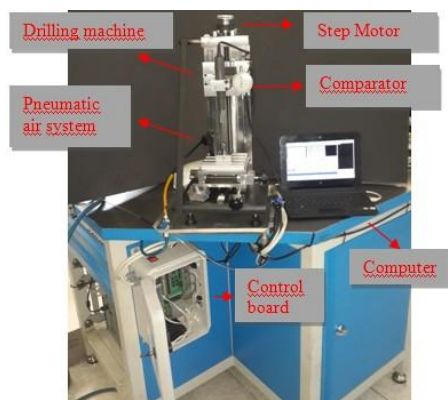


Figure 4. Schematic view of drilling system.

The connection of the stepper motor via a pulley to the infinitely moving screw on the Z axis controls the up and down movement of the drill bit (see Figure 5).



Figure 5. Connection of step motor.

Mach3 CNC USB 3 Axis 200 KHz AKZ250 Leafboy77 control circuit which provides speed control of stepper motor and communication with computer via usb is given in Figure 6.



Figure 6. Design of drive and control circuits.

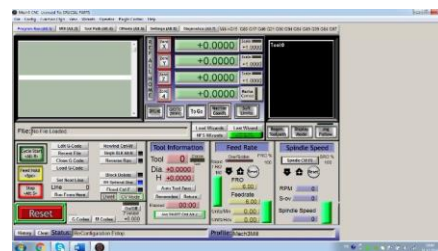


Figure 7. Interface of control board program.

The control card interface image shown in FIG. 7 is software of the control card. With this interface software, drilling length, feedrate and retraction speed can be adjusted as shown in Figure 8. The speed of the stepper motor can be changed according to the step resolution in Table 1 via the interface. The accuracy of the drilling distance of the system is 3,6 degree. When parameter values are set, data is saved by pressing Save button. The drill machine operates according to the saved parameter values.

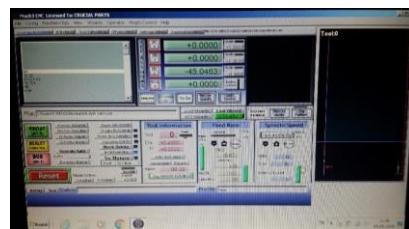


Figure 8. Operated manually of interface.

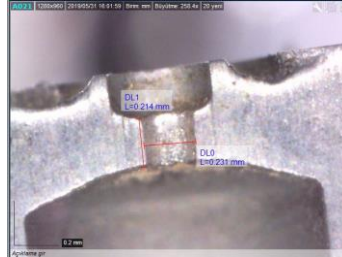
Once the operating parameters of the drill stand have been determined, the system can be operated from both the computer and the circuit. When we start the system, the system automatically returns to the starting point at the determined retraction speed, regardless of the position of the machine. In this way, position accuracy is provided by reference to the destination to be reached. When the machine moves along the Z-axis, the hall effect, which determines the drilling point, performs drilling with the specified drilling speed when the signal is received from the sensor and the specified drilling distance. During this process, the chips formed are removed by the pneumatic air system around the processing site. The system automatically returns to the starting point when drilling is complete. A comparator is connected to the column of the machine to determine whether the machine is drilling the hole at the desired drilling angle. It has been observed that the system creates holes with the desired distance and accuracy in the experiments carried out with different drilling distances and feed rates.

4. Conclusions and Recommendations

With this work, the desktop drill machine used in non-precision drilling operations has been transformed into a uniaxial micron precision controlled machine. Thanks to the stepper motor mounted on the Z axis, drilling with a precision of 3.6 degrees of rotation angle was achieved. Fig. 9 contains images taken for both surface quality and dimensional comparison of some of the formed holes.



(a)



(b)

Figure 9. The view of drilled workpiece.

The drilling speed, which is critical in the drilling process, has been determined in accordance with the constant speed value and the resulting hole dimensions have been obtained at the desired tolerance values. As a quality indicator, it was determined by using measurements that the roughness value of the hole has sufficient sensitivity for the purpose of use. The results obtained from the experiments showed that the machine designed to create holes with the designed drill can be used safely.

References

- [1] Abu Qudeiri, J. E., Saleh, A., Ziout, A., Mourad, A. H. I., Abidi, M. H., & Elkaseer, A. (2019). Advanced electric discharge machining of stainless steels: Assessment of the state of the art, gaps and future prospect. *Materials*, 12(6), 907.
- [2] Li, G., Natsu, W. ve Yu, Z. (2019). EDM ile mikro delik delmede kabarcık davranışının kantitatif tahmini üzerine çalışma. *Uluslararası Takım Tezgahları ve İmalatı Dergisi*, 146, 103437.
- [3] Oliaei, SNB, Jahan, MP ve Perveen, A. (2019). Mikro-EDM Delme. İçinde mikro-elektro-aşındırma Süreçleri (s. 1-21). Springer, Singapur.
- [4] Dongre, GG, Rajurkar, A., Gondil, R. ve Philip, J. (2019). Ultra kısa darbeli lazer kullanılarak süper alaşımların yüksek oranda mikro-delinmesi. *Uluslararası Hassas Teknoloji Dergisi*, 8 (2-4), 124-141.
- [5] Aslantaş, K., & Kaynak, Y. (2019). Şekil hafızalı NiTi alaşımının mikro frezelenmesi ve kritik talaş kalınlığının belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3).
- [6] Aslantaş, K., & Kaynak, Y. (2019). Micro milling of NiTi shape memory alloy and determination of critical chip thickness. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(3), 1201-1211.
- [7] ÖZEK, C., & BAK, M. Sürtümlü Delme İşleminde Elde Edilen Kovanın ve Pulun Oluşmasına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması Investigation of parameters affecting the formation of the bushing and bushing wall obtained in the friction drilling process.
- [8] Dornfeld, D., Min, S., Takeuchi, Y., Recent advances in mechanical micromachining, *Annals of the CIRP*, Vol. 55, 745-768, 2006.
- [9] Chyan, H. C., Ehmann, K. F., Development of curved helical micro-drill point technology for micro-hole drilling, *Mechatronics*, Vol. 8, 337-358, 1998.
- [10] Öztürk O, Özdemir A., “X,Y,Z boyutlarında hareket edebilen bilgisayar kontrollü sistem”, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7 .Cilt I. Sayı (Mart 2003).
- [11] Demir M, Kuncan M, Ertunç H,M., “3 Eksenli Mini Cnc Freze Tezgâhı Tasarımı Ve İmalatı”, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013, 26-28 Eylül 2013, Malatya.
- [12] Yücel E, Çiçek A., “İmalat Alanında Yaygın Olarak Kullanılan Mikro İşleme Teknikleri”, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15. Cilt, 1. Sayı, s.46-59, 2011.
- [13] Lin, C., Kang, S.K., Ehmann, K. F., Helical micro-drill point design and grinding, *Journal of Engineering for Industry*, Vol. 117, 277-287, 1995.
- [14] Zhaojun, Y., Wei, L., Yanhong, C., Lijiang, W., Study for increasing micro-drill reliability by vibrating drilling, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 61, 229-233, 1998
- [15] Kagaya, K., Oishi, Y., Yada, K., Micro-electrodischarge machining using water as a working fluid-I: micro-hole drilling, *Precision Engineering*, Vol. 8, 157-162, 1986.
- [16] Dong-Woo Kim, Myeong-Woo Cho, Tae-II Se,o Eung-Sug Lee., “Application of Design of Experiment Method for Thrust Force Minimization in Step-feed Micro Drilling”, ISSN 1424-8220, *Sensors* 2008, 8, 211-221.
- [17] Liow J.L., Mechanical micromachining: a sustainable micro-device manufacturing approach?, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, 662–667, 2009.
- [18] Temiz İ., Taşkın S., Kanat Y., “Çok Eksenli Hareket Kontrolünün Bir Manipülör Kolu Üzerinde Tasarımı Ve Uygulaması” e-*Journal of New World Sciences Academy*, ISSN:1306-3111, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0168, January 2011.



DJI Tello ile ROS Tabanlı Haritalandırma Simülasyonu

Ahmet Furkan Büyükkökçü^{1*}, Abdullah Yusefi¹, Mert Dağadası¹, Yasin Türkmenoğlu¹ Akif Durdu¹

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1058-3820)

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7557-8526)

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7076-065X)

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1427-3416)

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820154)

ATIF/REFERENCE: Büyükkökçü, A. F., Yusefi, A., Dağadası, M., Türkmenoğlu, Y. & Durdu, A. (2020). DJI Tello ile ROS Tabanlı Haritalandıma Simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 504-508.

Öz

İnsansız sistemlerin önemi her geçen gün artmaktadır. Kendi kendine karar verebilme yeteneğine sahip bu sistemler başta askeri olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. İnsan faktörünü en aza indirme, zaman ve maliyet tasarrufu gibi sebeplerle tasarlanan insansız sistemler, yeni problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Otonom hareket kabiliyetine sahip robotlar için bu sorunlar; konumlandırma ve robot davranışlarının nasıl kontrol edileceğidir. Bu çalışmada, kapalı bir alanda İnsansız Hava Aracı (İHA), DJI Tello'nun konumlandırılması üzerine çalışılmıştır. GPS'e ihtiyaç duymadan hareket edebilen bu araç Görüş Konumlandırma Sistemi ile bulunduğu konumu korumakta ve aynı zamanda verilen komutları yerine getirmektedir. Yapılan çalışmada, haritalandırma ve konumlandırma için yaygın olarak kullanılan SLAM tekniklerinden Hector SLAM kullanılmış ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Gerçek ortam koşullarına yakın olması ve hazırlanan uçuş algoritmalarını güvenle, çevreye zarar vermeden test edebilme imkanı sağlaması nedeniyle çalışma, Gazebo simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DJI Tello, ROS, SLAM, Gazebo, Rviz

ROS Based Mapping Simulation with DJI Tello

Abstract

The significance of unmanned systems is increasing day by day. These systems, which have the capacity to decide on their own, are used in many fields, especially military ones. Unmanned systems designed for reasons such as minimizing human factors, saving time and cost have created new challenges. In the case of robots with autonomous mobility, these problems are localization and how to control robot behavior. In this study, the localization of DJI Tello, an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in an indoor area, was studied. This vehicle, which can navigate without the need for GPS, maintains its position with the visual odometry and also performs the commands provided. Hector SLAM, one of the SLAM techniques commonly used for mapping and localization, was used in this study and the results were analyzed. The study was conducted in the Gazebo simulation environment as it is close to the real environmental conditions and provides an opportunity to test flight algorithms safely and without damaging the environment.

Keywords: DJI Tello, ROS, SLAM, Gazebo, Rviz

* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1058-3820, cem_ahmet_furkan@outlook.com

1. Giriş

Otonom sistemler kategorisine giren İnsansız Hava Araçlarının (İHA) önemi her geçen gün artmaktadır. Arama-kurtarma, keşif, gözetleme, güvenlik, yangın söndürme, taşımacılık gibi alanlarda kullanılmakta ve her geçen gün bu alanların sayısı hızla artış göstermektedir. İHA'lar genel olarak kapalı ve açık alanlarda kullanılmak üzere geliştirilmektedir. Bu araçlar gerçek dünyadaki farklı ortamlarda, değişken ortam şartlarında birçok zorlu görevi yerine getirmelidir (Takaya vd., 2016). İHA'ların otonom olarak kontrol edilmesi ve belirlenen görevleri yerine getirebilmesi için genelde GPS'den yararlanılabilmektedir. Ancak yüksek yapıların olduğu yerlerde ve kapalı alanlarda GPS çekmemektedir. Bu nedenle GPS her ortamda kullanılamamaktadır. Bu durum mobil araçların otonom hareketini sağlamak için yeni çözümlerin bulunmasını gerektirmiştir.

Hareketli araçların konumunu bulmak için eşzamanlı konumlandırma ve haritalama (SLAM – Simultaneous Localization and Mapping) önerilmiştir. Hava, kara ve deniz platformları için çok çeşitli SLAM algoritmaları mevcuttur. SLAM, kullanım alanlarının çeşitli olması ve GPS'e göre çok daha hassas ölçümler yapabilmesi nedeniyle tercih edilen yöntemlerden birisidir. ROS yazılımında yaygın olarak kullanılan iki SLAM paketi mevcuttur. Bunlar; GMapping ve Hector SLAM'dir. Habibie ve diğerleri belirtilen yöntemleri, uygun meyvelerin ve yabancı otların gözlemlenmesi için arazide otonom hareket eden, SLAM yapabilen 2D LIDAR ve kamera ile donatılmış Husky Robot'u kullanmışlar, ROS ve Gazebo ortamında test edip üç boyutlu harita sonuçlarını karşılaştırmışlardır (Habibie vd., 2017). Bu çalışmada GMapping yöntemi Hector SLAM'e göre daha iyi sonuç vermiştir. Başka bir çalışmada ise Ertuğrul ve diğerleri iç mekanlarda akıllı şehirlerin güvenliğini sağlamak amacıyla navigasyon ve SLAM özelliklerine sahip LIDAR ile donatılmış İHA, ROS ve Unity3D simülasyon ortamı kullanılarak test etmişlerdir. GMapping temeline dayanan sınır tabanlı keşif yaklaşımı uygulanmıştır. Simülasyon ortamında ve sonrasında gerçek dünyada verimli sonuçlar elde edilmiştir (Ertuğrul vd, 2018).

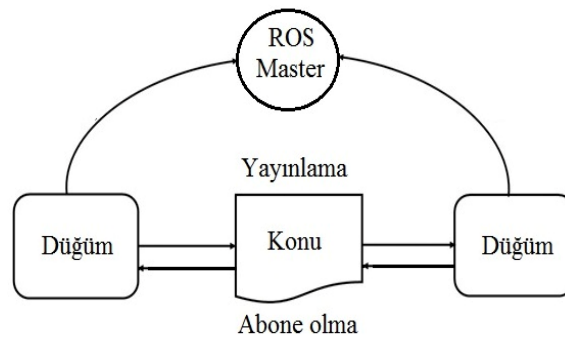
Yapılan çalışmaların simülasyon ortamında test edilmesi birçok sorunun önceden tespit edilip düzeltilmesine olanak sağlamaktadır. Görevleri gerçek dünya ortamında test etme, zaman ve maliyet açısından çeşitli dezavantajları beraberinde getirmektedir (Habibie vd., 2017). Ayrıca test aşamasında meydana gelebilecek kazalar güvenlik problemleri meydana getirmektedir. İHA simülasyon ortamında test edildiğinde tüm bu eksikler giderilerek daha verimli bir sistem elde edilmektedir.

Bu çalışmada kapalı alanda çalışan, GPS ile kontrol edilemeyen hava araçlarının otonom olarak hareketinin sağlanması için Hector SLAM kullanımı önerilmiştir. Bu yöntem ile ortamın haritası çıkarıldıktan sonra robotun çıkarılan harita içerisinde konumlandırılması yapılmıştır. Bu sistem ile aracın otonom olarak görev yapması sağlanmıştır. DJI Tello'nun kapalı alanlarda çalışmasının test edilmesi için güvenli ve maliyetsiz olan Gazebo ve Rviz simülasyon ortamları kullanılmıştır. Bu sayede zaman, hız ve güvenlik konularında avantaj elde edilmiştir (Yagfarov., 2018).

2. Materyal ve Metot

2.1. ROS

ROS, robotik işletim sistemi olarak adlandırılmaktadır. Açılımlında işletim sistemi ifadesi geçmesine rağmen ROS, robot ve robot bileşenlerinin kontrol edilmesini sağlayan açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Java, Lisp, C++, Python gibi programlama dillerini desteklemektedir. Aynı robot üzerinde farklı dillerin kullanımını mümkündür. ROS beraberinde birçok kütüphane ile gelmektedir. Modüler bir yapıya sahip olması sebebiyle tak çalıştır özelliği mevcuttur. ROS, Gazebo ve Rviz gibi simülasyon ortamlarını desteklemektedir. ROS'un birçok dağıtımı bulunmaktadır. Bu çalışmada ROS Kinetic Kame dağıtımı kullanılmıştır.

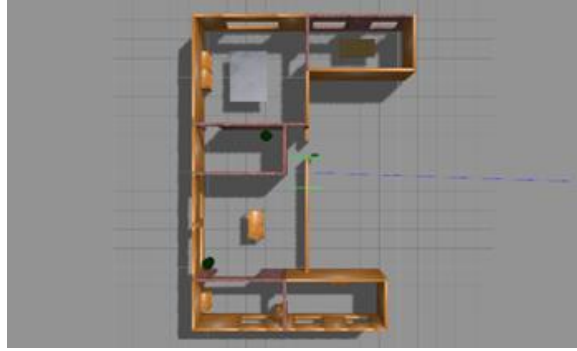


Şekil 1 ROS'un Temel Çalışma Yapısı

Şekil 1'de görüldüğü gibi ROS abone olma ve yayın yapma mantığı ile çalışmaktadır. Düğümlerde kamera görüntüsü, LIDAR, hareket ve konum bilgisi gibi konular bulunmaktadır. Bir düğümden birden fazla konu bulunabilmektedir. Düğümlerin birbirleri ile iletişime geçebilmeleri için ROS çekirdeğine ihtiyaç duyulmaktadır. ROS çekirdeği olmadan düğümler birbirlerini bulamamaktadır.

2.2. Gazebo ve Rviz

Hem kapalı hem açık mekanlar için geliştirilmiş açık kaynak kodlu, ücretsiz bir robot deney ortamıdır. Çok sayıdaki robotu üç boyutlu ortamda simüle edebilme özelliğine sahiptir. Atlas robot, Kobuki robot, Turtlebot3 ve UAV gibi birçok robotu desteklemekte ve hazır paketleri bulunmaktadır. Şekil 2’de, Gazebo bulunan hazır bir ortam gösterilmektedir. Gazebo SDF ve URDF formatlarını desteklemektedir. URDF, robot yapısını tanımlamak için oluşturulmuş bir formattır. SDF ise simülasyon ortamını oluşturmak için kullanılmaktadır. Gazebo, kendi robotumuzu ve ortamımızı oluşturmamıza imkan vermektedir. Aynı zamanda birçok sensör eklenebilmekte ve gürültü eklenmiş sensörler kullanılabilir. Bu oluşturulan ortam, tasarlanan robotların ve yazılımların pratik ve düşük maliyetle test edilmesini sağlar.



Şekil 2 Gazebo Simülasyon Ortamı

Rviz, ROS görselleştirme'nin kısaltmasıdır. Robotlar, sensörler ve algoritmalar için bir 3D görselleştirme yazılımıdır. Kamera, lazer, resim ve nokta bulutları dahil 3D ve 2D cihazlardan veri görüntüleyebilir. Gazebo ve Rviz simülasyon araçlarıdır ancak aralarında farklar bulunmaktadır. Gerçekte ne var ise Gazebo onu göstermektedir. Rviz de ise robotun ortamı nasıl yorumladığı görselleştirilir (Quigley vd., 2015).

2.3. SLAM

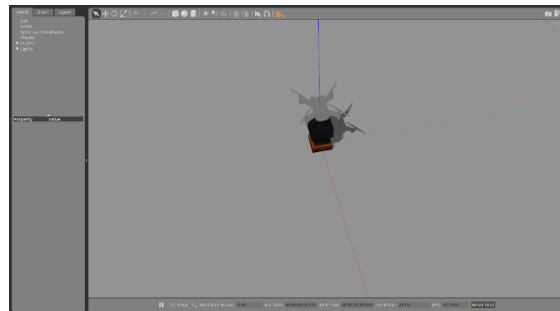
SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), robotların otonom olarak hareket etmeleri ve belirlenen görevleri yapabilmeleri için buldukları ortamı bilmeleri ve kendilerini bu ortam içerisinde konumlandırabilmeleri için kullanılan bir yöntemdir. Konumlandırma ve Haritalandırma sorunu yumurta ve tavuk problemine benzetilmektedir çünkü robotu konumlandırmak için harita, haritayı oluşturmak için ise pozisyon tahminine ihtiyaç duyulmaktadır. Hava, kara, deniz, açık ve kapalı alan platformlarında çok çeşitli konumlandırma ve haritalandırma yöntemleri mevcuttur. SLAM algoritmalarından bazıları; Gmapping, Hector SLAM ve Cartographer'dır. Belirtilen algoritmalar LIDAR verilerinden yararlanarak çalışmaktadır. Bu çalışmada DJI Tello'nun Hector SLAM algoritması kullanılarak kapalı alanda ortamın haritasını çıkarması ve kendi konumunu belirlemesi amaçlanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Gerçek zamanlı haritalama testlerinde yaşanan en büyük sorun oluşturulan uçuş kodu ve SLAM algoritmasına bağlı olarak kaza ve kırımların yaşanmasıdır. Yaşanan kazaların, çevreye ve insanlara vereceği etkinin en aza indirilmesi için oluşturulan kodların simülasyon ortamında test edilmesi büyük önem taşımaktadır.

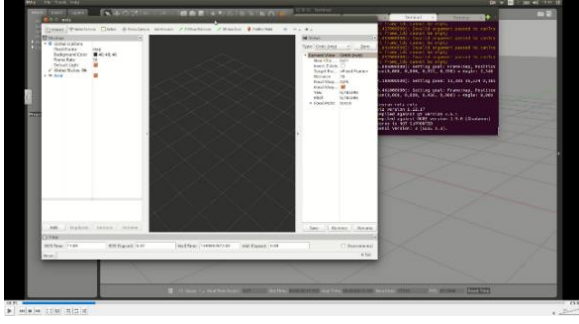
Çalışmada DJI Tello ile ROS kullanılarak, oluşturulan uçuş kodu ve Hector SLAM algoritması simülasyon ortamında test edilmiştir. Simülasyon ortamı olarak sıklıkla kullanılan ve diğer simülasyon ortamlarına göre gerçeğe daha yakın koşullar sağlayan Gazebo uygulaması tercih edilmiştir.

İlk olarak Gazebo’da testin gerçekleşeceği ortamın benzeri oluşturulmuştur. DJI Tello'nun altına Hokuyo LIDAR yerleştirilmiş ve insansız hava aracı, hazırlanan Gazebo ortamında launch dosyası çalıştırılarak haritalandırmanın başlayacağı noktaya şekil 3’te verildiği gibi konumlandırılması yapılmıştır.

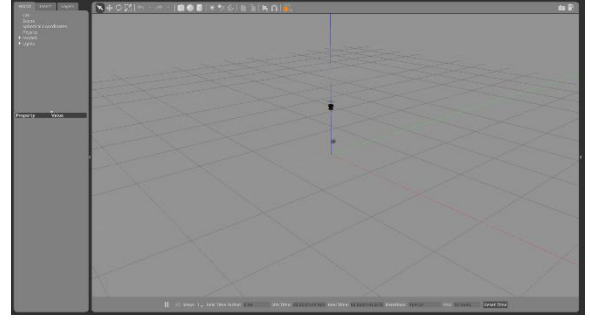


Şekil 3 DJI Tello'nun Gazebo Ortamına Konumlandırılması

Gazebo ortamının oluşturulması ve konumlandırma tamamlandıktan sonra, görselleştirme yapılabilmesi için Rviz uygulaması başlatılmış ve insansız hava aracı z ekseninde hareket ettirilmiştir.



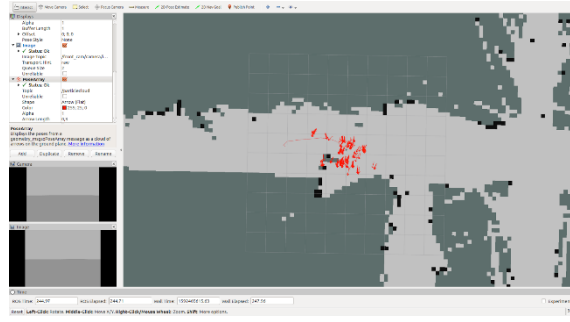
(a)



(b)

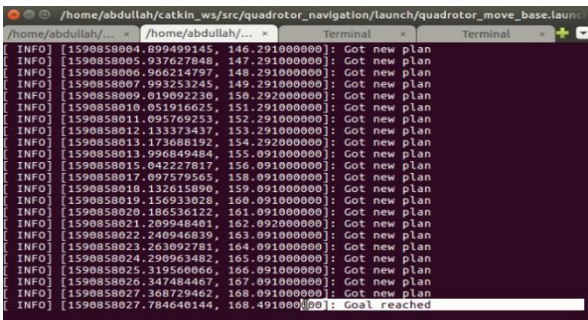
Şekil 4 (a) Rviz Uygulamasının Başlatılması, (b) İnsansız Hava Aracının z Eksenı Boyunca Hareket Ettirilmesi

Haritalandırma için gerekli olan Pose Array, Path ve Laser Scan araçları Rviz üzerinden eklenmiştir.

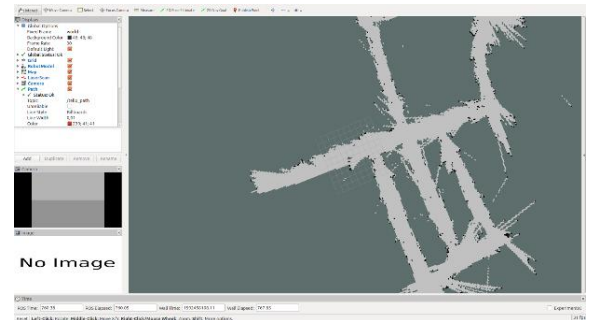


Şekil 5 Pose Array Görünümü.

İnsansız hava aracı, tüm alanı haritalandırmak için Rviz üzerinden 2D navigasyon yönlendirme (2D Nav Goal) komutu ile yönlendirilmiştir. Bu bölümde yönlendirme yapılırken, Pose Array verileri ve Laser Scan ile anlık olarak oluşan harita dikkate alınmıştır.



(a)



(b)

Şekil 6 (a) 2D Navigasyon Yönlendirme, (b) Hector Slam ile Oluşan Harita

Hector Slam algoritması ile oluşturulan harita şekil 6 (b)'de verilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada kapalı alanda kullanılması istenen insansız hava araçlarının, bulunduğu ortamın haritasını çıkarması ve haritasını oluşturduğu alanda konumlandırma yapması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ROS kullanılarak Gazebo, Rviz desteği ile Hector SLAM algoritması çalıştırılmıştır. SLAM algoritması çalışırken Rviz üzerinden haritalama adımları takip edilmiş ve elde edilen verilerin doğruluğu izlenmiştir. Algoritma tamamlandığında şekil 6 (b)'de verilen harita oluşmuştur. Oluşan harita incelendiğinde yol ve engellerin net bir şekilde tespit edildiği görülmüştür. Ancak köşe veya keskin sınırların belirlenmesinde istenilen sonuca ulaşamamıştır.

Ayrıca, gerçek dünyada DJI Tello'nun HOKUYO LIDAR ile kullanılamayacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle, HOKUYO LIDAR ve DJI Tello ile Hector SLAM'in test edildiği bu çalışmada Görsel SLAM (Visual SLAM) tekniklerinin kullanımı daha verimli olacaktır. Eğer haritalandırma için LIDAR kullanılmak isteniyorsa daha büyük ve itki kuvveti yüksek olan hava araçları kullanılmalıdır.

Kaynakça

- K. Takaya*, T. Asai†, V. Kroumov‡, F. Smarandache§, “Simulation Environment for Mobile Robots Testing Using ROS and Gazebo”, 2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), IEEE Sinaia, Romania, 13-15 Oct. 2016.
- N. Habibie, A. Murda Nugraha, A. Zaki Anshori, M. Anwar Ma'sum, W. Jatmiko, “Fruit Mapping Mobile Robot on Simulated Agricultural Area in Gazebo Simulator Using Simultaneous Localization And Mapping (SLAM)”, 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), IEEE, Nagoya, Japan, 3-6 Dec. 2017.
- E. Ertugrul, U. Kocaman and O. Koray Sahingoz, “Autonomous Aerial Navigation and Mapping for Security of Smart Buildings”, 2018 6th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG), IEEE, Istanbul, Turkey, 25-26 April 2018.
- R. Yagfarov, M. Ivanou, I. Afanasyev, “Map Comparison of Lidarbased 2D SLAM Algorithms Using Precise Ground Truth”, 2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV), IEEE, Singapore, Singapore, 18-21 Nov. 2018.
- M. Quigley, B. Gerkey, W. D. Smart, (2015), Programming Robots with ROS, M. Blanchette, & D. Schanafelt (Eds.), First Edition, United States of America, pp. 126.



Kenar Bulma Algoritmaları ile 2 Boyuttan 3 Boyuta Dönüşüm

Cem Su Karaca^{1*}, Kemal Tütüncü

^{1*} Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5605-9074)

² Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3005-374X)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.828404)

ATIF/REFERENCE: Cem Su KARACA. & Kemal TÜTÜNCÜ. (2020). Conversion from 2 Dimension to 3 Dimension with Edge Detection Algorithms. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 509-521.

Abstract

In this thesis, a 3D content will be created from a 2D content. In these techniques, there is only one image and the aim is to create the second image using this image information. The most commonly used 2D to 3D conversion method is based on the depth fact, and in this way DIBR (Depth image-based rendering) is also the demand of the second image.

In this thesis, Matlab software will be used as the material that can provide data. 3 resizing, resizing picture, Difference Variable, Linear Depth Map Perpecific Direction, LDH start and end and should be done if desired.

Segmented Image, Depth Map, Left image, Right image, 3D image that we can obtain as output. Thus, the system can perform minimum input 3 sizing. In addition, this method can be applied in videos, although it is not synchronous.

As a result of the researches and examinations, it has been seen that there are numerous methods in the process of converting from two dimensions to three dimensions. It has been determined in the investigations that there are weak and strong points of each method.

The method was examined and it was seen that it was divided into two main topics, automatic and semi-automatic. Most of the transmission method today has focused on automatic depth extraction, but the decline in user usage has made it difficult to control information results. It has been observed that some errors could not be solved. It has been determined that correct returns cannot be taken regarding the depth information of the objects and some processes may be required. In order to avoid these disadvantages, the user usage used in semi-automatic usage is considered to be an important advantage.

It has been examined and seen in the experimental results of those who propose the method that the methods included in the methods we propose can obtain stereoscopic images that can be sorted in the correct order. In the next process, guiding critical information was assimilated in the software applications of these methods and the methods were examined in theoretical detail.

Keywords: Image, 3D (3-Dimensional), Edge Information Method, Graph Cuts and Random Walks, Depth

Conversion from 2 Dimension to 3 Dimension with Edge Detection Algorithms

Öz

Bu tez çalışmasında 2B bir içerikten 3B bir içerik oluşturma teknikleri olacaktır. Bu tekniklerde tek bir görüntü mevcuttur ve amaç bu görüntü bilgisini kullanarak ikinci görüntüyü oluşturmaktır. En sık kullanılan 2B'den 3B'ye çevrim yöntemi derinlik haritasının oluşturulması ve bu şekilde DIBR (Depth image based rendering) kullanılarak ikinci görüntünün oluşturulmasıdır.

Bu tez çalışmasın da veri setleri oluşturmak amacıyla materyal olarak Matlab yazılımı kullanılacaktır. Kullanılan bu sistemin girdileri 3 boyutlandırılması istenen resim, Fark Değişkeni,,Lineer Derinlik Haritası Perpesktif Yönü, LDH başlangıç ve son değerleri ve isteniyorsa obje bulunmasıdır.

Çıktı olarak elde edebileceğimiz Bölütlenmiş Görüntü, Derinlik Haritası, Sol görüntü, Sağ görüntü, 3 Boyutlu görüntüdür. Dolayısıyla sistem minumum girdi kullanarak 3 boyutlandırma işlemi yapabilmektedir.

Ayrıca , bu yöntem eş zamanlı olmamakla beraber videolar içinde uygulanabilir. Yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda iki boyuttan üç boyuta dönüştürme işleminde sayısız yöntemin var olduğu görülmüştür. Her yöntemin zayıf ve güçlü olduğu noktaların

mevcut olduğu yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Görüntünün karakteristik özelliklerinin, kullanılacak dönüştürme yönteminin seçiminde doğrudan etkili olduğu anlaşılmıştır.

Dönüştürme yöntemleri incelenerek otomatik ve yarı otomatik olarak iki ana başlığa ayrıldığı görülmüştür. Günümüzde dönüştürme yöntemlerinin birçoğu otomatik derinlik çıkarımına odaklanmış, ancak kullanıcı müdahalesinin azalması, dönüştürme sonuçlarını kontrol etmeyi zorlaştırmıştır. Bazı hatalar kolayca çözülemediği görülmüştür. Nesnelerin derinlik bilgileriyle ilgili doğru geri dönüşler alınamayacağı ve bazı ek süreçler gerekebileceği tespit edilmiştir. Bu dezavantajları bertaraf etmek için yarı-otomatik yaklaşımlarda kullanılan kullanıcı girişi önemli avantaj sağladığı kanısına varılmıştır.

Önerdiğimiz yöntemlerin içerdiği süreçlerin doğru bir şekilde uygulanması halinde kaliteli stereoskopik görüntüler elde edilebileceği, yöntemi önerenlerin deneysel sonuçlarında incelenmiş ve görülmüştür. Bundan sonraki süreçte bu yöntemlerin yazılım uygulamalarında yol gösterici olacak kritik bilgiler özümsemiş ve yöntemler teorik açıdan ayrıntılı bir şekilde irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü, 3B(3 Boyutlu), Kenar Bilgisi Yöntemi, Grafik Kesimleri ve Rastgele Adımlar, Derinlik

1. Introduction

3D-three dimensional image technology has evolved and continues to evolve to ensure that images in two-dimensional planes from the past to today are perceived by humans in three dimensions as a result of various processes. The question that inspired this development process has been: How can the human eye perceive its environment in three dimensions?

In order to reach the answer to this question, the roadmap revealed the need to create the depth information needed to detect the two-dimensional image in three dimensions. It has been considered that if this depth information is perceived by the human eye, it will be possible to perceive two-dimensional images in three dimensions.

Man has two eyes and there is a certain distance between these two eyes (50-75 mm). So each eye sees its surroundings from a little different angles. Two different eyes detect two different images. While these two perceived images are very similar, they are not exactly the same. Balancing this small difference between two images requires a lot of geometric processing power. It is the human brain that performs this procedure. As a result of the perception of these two different images in the eye and the unification of the brain, the human environment can be seen in three dimensions.

This study will talk about various methods of obtaining a three-dimensional image and focus on techniques for converting a two-dimensional image to a three-dimensional image, and step-by-step analysis of depth map creation using edge information and depth map creation using the Chart Cuts and Random Walks method.

2. 2D to 3D Conversion

The part of creating 3D content that will be considered in this study is the techniques for creating 3D content from a 2D content. There is only one image in these techniques, and the goal is to create the second image using this image information. This is not a simple process. There are many research and development methods available in this regard. The most commonly used 2D-to-3D conversion method is the creation of a depth map, and in this way, the creation of the second image using DIBR (Depth image based rendering).

To create a three-dimensional image, you must first have depth information in each pixel. The picture created by these depth values is called a depth map. The depth map usually consists of 8-bit (256-digit) values, which are shown as a gray-toned image, 0 black and 255 white. In short, the depth map is a gray-scale image that shows the depth of pixels in an image. In general, those close to pixels are assigned high values on a gray scale, while the value assigned on a gray scale shrinks as objects move away. When looking at the depth map in approaches to 2D to 3D cycle, DIBR is used to create the second image.

Depth Image Based Rendering (the process of using a depth map throughout the image to create synthesized images of the scene. This is not an easy process and many problems can be encountered during its operation. The most important problem is visual clogging (optical occlusion). This event is defined as the pixel in one image not being in the other image or hiding it. In this case, the clogged information needs to be remanufactured. This process does not focus on blockages, it uses easier methods. The use of the depth map produced to create a second image can cause other problems, such as the fact that not all pixels are in the same image and some unable pixels appear in the other image, in this way gaps appear, and so on.

Methods used to convert from 2D to 3D are generally examined under two headings.

2.1 Automatic Conversion Methods

Automatic 2D to 3D translation methods are based on different techniques based on depth knowledge in a 2D image. Depth information in the image is needed to create the depth map.

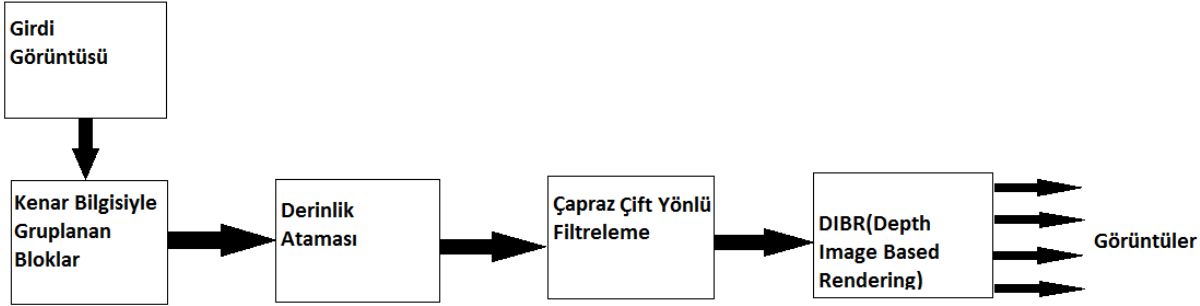
Some popular cycle methods are Depth from motion, depth from edge information, Color based depth extraction, and depth from geometry.

The current section will look at the Conversion method using Edge Information from the automatic conversion methods.

2.1.1 Converting Using Edge Information

2.1.1.1 Recommended System

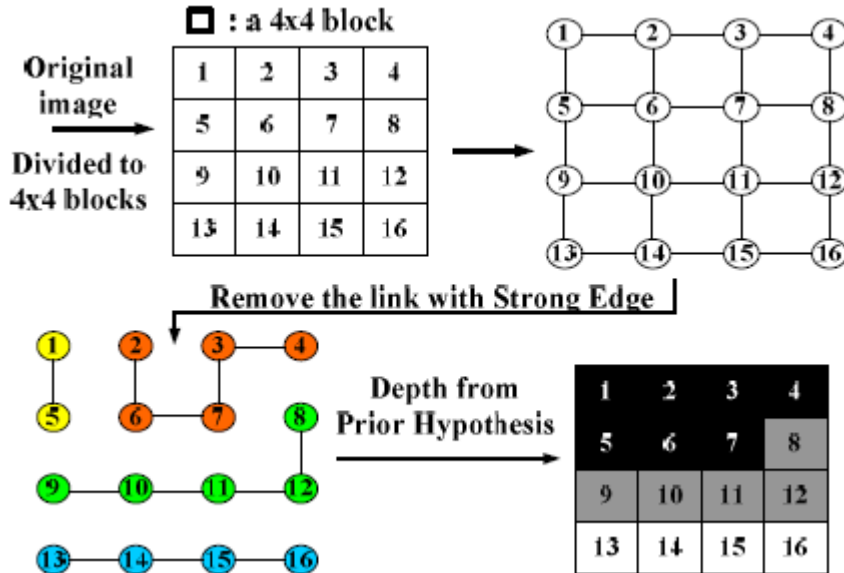
The process of located depth from a 2D image is a poorly positioned problem. But some depth clues and features can help us get to depth information. This method using edge information to provide conversion. The general concept of this method is this: The edge information of the image has a high potential to remove the edge information of the depth map. The block diagram of the proposed conversion system is given below.



First, blocks by algorithm are used to reduce computational clutter. As shown in the way, the grouping stream uses edge information. An example is a 4x4 chart. Each node is a 4x4 pixel block. Each node has four connections. The value of each connection is the absolute difference between the averages of neighboring blocks.

$$\text{Diff}(a,b) = |\text{Mean}(a) - \text{Mean}(b)|$$

a and b represent two neighboring blocks. The Minimum Spanning Tree (MST) is created first. Stronger edges are removed to create a block group. Depending on the group numbers previously defined, edge links that are stronger for creating multiple grouped regions are removed. The reason the MST algorithm is used is because of the use of the MST algorithm. to define the harmony between color differences and blocks. The MST algorithm gives better results in spatial locations to maintain connections.



2.1.1.2 Depth from The Priority Hypothesis

The depth information corresponding to the depth (x,y) is generated from the corresponding position. The initial depth gradient hypothesis is shown below. Detailed depth assignment for a given block group is done as:

$$\text{Depth}(R) = 128 + 255 * \left(\sum_{\text{pixel}(x,y) \in R} \left(W_{nl} \left(\frac{x - \text{width}/2}{\text{width}} \right) + W_{nd} \left(\frac{y - \text{height}/2}{\text{height}} \right) \right) / \text{pixel_num}(R) \right)$$

$$|W_{rl}| + |W_{ud}| = 1$$



Integral Depth Gradient Map

This equation shows the center of gravity of the assigned depth value. W_{rl} and W_{ud} values set the depth gradient direction. The alignment of the default depth is obtained from the geometric perspective analysis of the image.

2.1.1.3 Dusk Filtering and Depth Map Based Image Scrolling (DIBR)

The cross-dui filter is applied to soften the depth of object boundaries. The filtered depth map has a more useful view quality. Because double-sided filtering produces a smooth depth map within smooth space with similar pixel values and protects the edge boundaries of objects. The filtered depth map is then used for three-dimensional imaging. Here's an example of double-sided filtering.



a) Depth assigned block image

b) Double-sided filtered image

2.2 Semi-Automatic Conversion

Semi-automatic conversion from 2 dimensions to 3 dimensions; the conversion process with input from the user. There are several ways to implement user input into the system. However, the most commonly used are the user-provided marks. The marks correspond to the depth information in the picture. The main idea is to give hints to the algorithm to determine what depth is assigned to the pixels. Thus, a depth map can be created thanks to user-defined inputs.

The reason it is called semi-automatic is because there are some user interactions in the cycle process. These interactions are not output editing can be a user invocation process for priority information or more information in the algorithm. Semi-automated systems have recently received more attention than automated systems. This is because semi-automated systems do better than automated systems when used in large-scale productions. Semi-automated systems make concessions for higher quality in real-time applications. This is a much better job compared to all other conversion methods.

The current section will look at the Chart Segments and Random Steps method from the semi-automatic conversion methods.

2.2.1 Chart Cuts and Random Walks

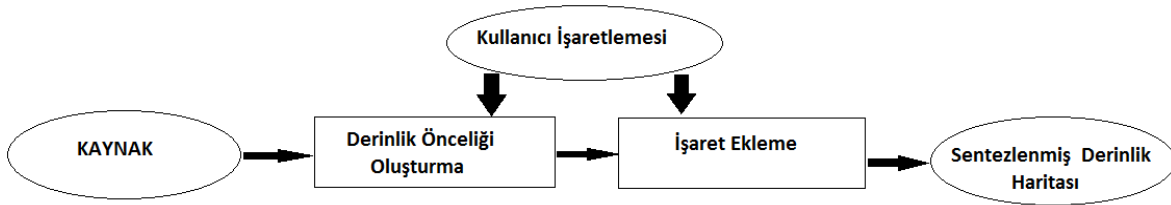
Today, many of the conversion methods are focused on automatic depth insi that is. However, reduced user intervention can make conversion results difficult to control. Some errors may not be easily resolved. Correct feedback on objects' depth information may not be possible, and some additional processes may be required. User input used in semi-automated approaches to eliminate these disadvantages provides a significant advantage.

For a single image or movie frame, the user simply marks objects and regions in light and dark colors, whichever is closer or farer to the camera. One question that often arises here is whether the marks applied by the user will occur in the actual scene perception. Depth marking doesn't have to be absolutely accurate. It just has to be perceptually consistent. User markup will meet the criteria in the method. As a result, the depths for the rest of the pixels will be predicted using this information. The semi-automatic conversion process allows the user to correct depth errors on the surface and eventually gives them a faster and more accurate conversion opportunity. It also offers a more cost-effective solution.

There are some common methods in this area. Specifically, the depths in a video series in the work done by Gutmann are resolved only by marking movements in the first and last film frames. The first step is to determine the detection points in all movie frames. Roughly depth estimation is made for the first and last film frame, and support vector machine (SVM) classifiers are run separately for both film frames. Each SVM is applied using scale-invariant property transformation (SIFT) for a unique depth classification in rough licing. SIFT points are determined throughout the entire video and placed in SVM classifiers to determine detection points. The "one vs all scheme" is used by selecting the strongest similarity in all classifications for each SIFT point. The point at which this exceeds the high trust threshold is the point of determination, and the depth is assigned to the SVM classifier set for the specific depth. An energy function is minimized by the smallest squares to analyze the rest of the depths. This function allows you to use the is a combination of location and time-related concepts, color information, detection points, and user interventions. This minimizing process is done by the system of converting the problem into the sparse linear system of equations and solved directly. A similar method was developed by Wang. In this method, the problems of gaps (Holes) and clogging (Optical occlusion) are solved quite well. Together, they are simply caught near areas that do not have clogging. But the problem here is that this process requires a lot of processing load. It does not require calculating only SIFT points and SVM classifiers. But this requires solving large sequences of linear equations and high memory values.

2.2.1.1 Methodology

This method is user-defined at the beginning of depth eses. Marks user objects and regions as close or farther. The method allows the user to mark with monochromatic densities, such as a color palette that changes from dark to light. The flow diagram is given in the following way.



2.2.1.2 Graphic Representation

To provide the highest level of flexibility in this method, images and videos are processed in the same way as N-linked graphics. From this point of view, a graphic is thought to be a mesh of nodes, where each pixel is a node. Pixels or nodes have interconnected edges. The edges are assigned to numeric values and show how similar the linked pixels are. An N-linked graphic is an N-edged representation in which each pixel is bound to another pixel. As shown in the example in the example, a 4x4 image is marked with different colors and three depths.

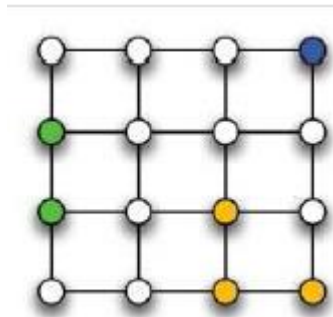


Figure 2.4x4 marked sample image

Colored nodes show user-marked pixels.

Each node is a pixel that is linked to its horizontal and vertical neighbors. So the example in the way is a 4x4 chart.

2.2.1.3 Transformation Structure for Images

In this method, graphical representation was used successfully in image segmentation, especially with 'Chart Separations and Random Steps'. This method used a combination of 'Chart Separations and Random Steps' to find an optimal depth markup in source images.'Chart Separations' is used for the initial depth map, which is taken as a priority depth (Depth Prior). This serves as an addition to the information channel in the 'Random Steps' algorithm.Now this method will look at how to create a depth map for each build individually.

2.2.1.4 Random Steps for Images

'Random Walks is an optimization program that covers all nodes that are not marked in charts, finds the probability of Random Steps, and starts at some signs. Steps are trended by edge weights. Thus, it is more likely to control similar pixels than different ones. The purpose of image segmentation is to classify each pixel in an image according to the possible label K to which it belongs. Random Steps determines the probability of the marks to which each pixel belongs. Signs or labels are the classification of high probability pixels. This is carried out by dissing the linear system based on laplacian matrix.

If v_i shows the first pixel in an image, its size is $R \times C$. Thus, the size of the Laplacian Matrix (L) is seen in the following equation where it is $R \times C$.

$$L = \forall (i, j) \in P \left\{ \begin{array}{l} \text{deg}(v_i), i = j \\ -1, i \neq j; v_i, v_j \text{ ile ba\u011flantılı} \\ 0, di\u011fer yerler \end{array} \right.$$

Equality 1

(i,j) These are pixels in the P image. $\text{deg}(v_i)$; is the degree of the i pixel and is the sum of all edges. Each line of L specifies how each i pixel depends on the others. In addition, the $R \times 1$ x vector that we define is the probability that the i pixel where line i is will be assigned as a specific label. $Q(v_i)$ represents the user-defined label of pixel I, for a specific user-defined k tag, the x vector is defined as follows.

$$\vec{x} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_{RC}]^T, \text{ s.t. } x_i = 1, \text{ e\u011fer}$$

$$Q(v_i) \neq k, \forall i = 1, 2, \dots, RC.$$

These pixels are not user-defined ($Q(v_i)$) except for the These are unknown and need to be resolved possibilities. If we re-edit the vector in Equation 2 into two sets, these pixels appear to be marked by the user first, X_M said, in the remaind there of this uncertainty, X_U , $x = [\vec{x}_M \ \vec{x}_U]^T$ equation. By following how we reorde the X vector, applying the same arrangements to L's lines, we get the following analysis of L.

$$L = \begin{pmatrix} L_M & B^T \\ B & L_U \end{pmatrix}$$

Finally, to calculate the unknown probability of the k. tag, it is important to resolve the following matrix equality.

$$L_U X_U = -B^T X_M$$

We create the x vector for each k tag and resolve the unknown possibilities of k. We'll find the maximum probability for X_U a pixel, no matter what label (mark). To use this to create a depth map, the method is changed as: In Random Steps, probability is in the range of [0 1]. Therefore, user-defined depths are allowed, and then depths are resolved for the rest of the image. X is allowed to manually adjust the probabilities of pixels marked with vector. The goal is just to make a depth solution for a label. For example, the user selects a value from [0 1] and intervenes on the image. 0/1 means dark/light color or brightness. Then the rest of the depth is resolved by equality 3. The resulting possibilities can be used directly in depth to create stereoscopic 3D content. Scale-Space Random Walks (SSRW) has been studied in the method to increase sensitivity and reduce noise. This means that the image is sampled by a multi-resolution pyramid.

Random walkers are applied at any scale within the pyramid and merge using geometric mean. For edge weights, the dissimilarity function is a function often used in model classification: Sigmoidal function. The two pixels are defined as follows:

$$N(v_i, v_j) = \gamma \left(\frac{2}{1 + \exp(\beta D(\vec{c}_i, \vec{c}_j)^\alpha)} \right)$$

Equality 4

$D(c_i, c_j)$ is the Euclidian distance of components between v_i and v_j . α, β, γ are parameters that control how different the two colors are. Experimentally, these parameters were $\alpha = \gamma = 1$ $\beta = 2$

2.2.1.5 Graphic Separations for Images

Graphical separations are based on solving the Maximum-A-Posteriori Markov Random Area (MAP-MRF) marking problem with user input or harsh restrictions. The way to understand the solution to the problem is to understand how to find the most likely tagging for each pixel. This process is shown below. The solution can be found by minimizing energy function.

$$E(P) = \sum_{p \in P} D_p(f_p) + \sum_{\{p, q\} \in N} V_{p, q}(f_p, f_q)$$

P here is the set of pixels that make up the image, and p is a pixel in the image. $E(P)$ is the energy of the image. $D_p(f_p)$ data cost or a p pixel f_p represents the cost loss that occurs when it is assigned to the label. $V_{p, q}(f_p, f_q)$ is the cost of smoothness, or the cost loss (4-linked graphics in our system) when two different labels are assigned to two different pixels inside the spatial neighborhood of N . According to the chart theory, the maximum flow/minim separation chart is obtained, as shown in the minimized $E(P)$ solution.

Efficient algorithms and software are obtained by minimization.

Depth map production can be considered a multi-label classification problem. However, chart separation focuses only on the binary classification problem. Similarly, each pixel has pre- and post-process costs associated with it. Therefore, each unique, user-defined depth value $B \in [1; N_d]$ is assigned as an integer. (N_d represents the sum of unique depths in user-defined marking)

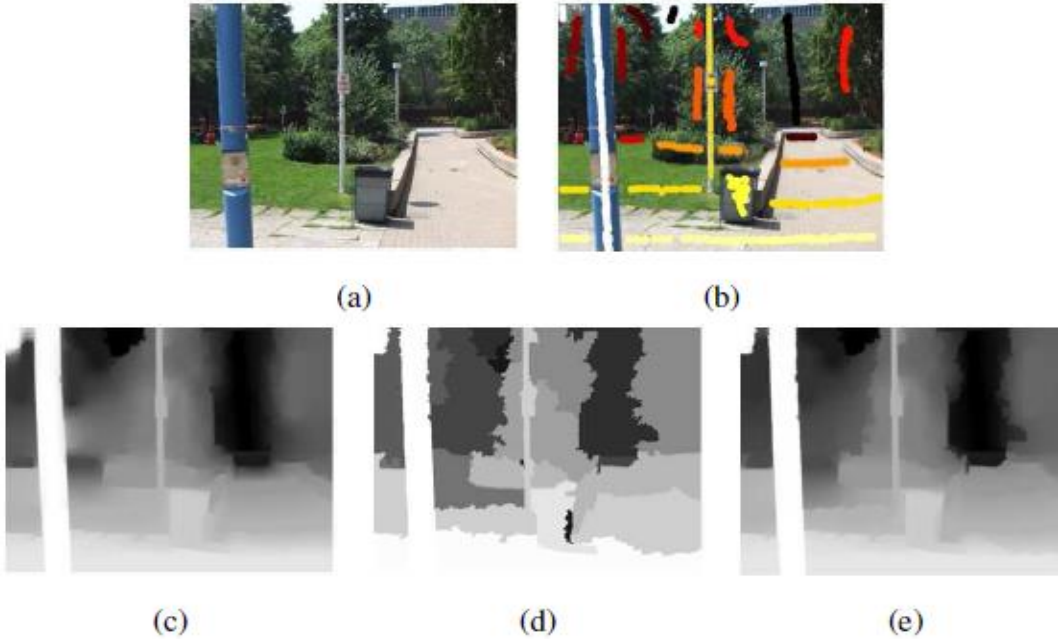
Binary segmentation is applied individually for each label ($b \in B$). User-defined marks with a b mark are assigned in the foreground while other user-defined marks are presented in the background. The rest of the pixels are what we want to mark. Chart separations N_d works for the sum of their time, first for each label, and the maximum flow values are saved for each mark on the chart in B . If a pixel is assigned only one mark, then the mark is assigned. However, if one pixel is assigned to more than one label, the label will be to the maximum maximum flow corresponding to the minimum amount of energy required to classify pixels. In some cases, even this does not yield results for each pixel. However, zone filling methods can be used to fix this.

In our graphics separation system, we use sigmoidal function to express the cost of smoothness (Equation 4). For data costs, we use the improved Potts model rather than the negative log histogram. This is because of the nature of colors that represent images. The probability of a negative log histogram is calculated in the RGB color space, which is inherently dashed. However, we would like to use the CIE $L^*a^*b^*$ color space, which inherently creates a better perception of human beings. In addition, CIE $L^*a^*b^*$ has floating-point values for each component, so it's not easy to determine how much space is required when creating a histogram. Table 1 shows how data costs are calculated when the user-defined sign $b \in B$ is selected in the foreground. In the table, a specific graphical separations are expressed as the fore fore fore front mark m selected during minimization. The K value is defined as follows.

$$K = 1 + \max_{p \in P} \sum_{q \in \{v_p, v_q\}} N(v_p, v_q)$$

Figure 4(d) shows a depth map obtained using only graphical distinctions. The same label in figure 4(a) is used to be consistent. As with Random Steps, only certain parts of the image were marked and a reasonably consistent depth map was created. But it should be known that there are parts of the image that do not understand any signs. However, this can be corrected by using zone padding methods. In the end, although a depth map is created where the object boundaries are very well determined, there is no change in the inner depth

of the objects. If this had been viewed stereoscopically, the objects would have appear as "3D cardboard cutting." Random Steps create smooth depth curves, and with the difficult segmentation of chart separations, random steps set the groundwork for depth changes to make objects look more realistic. Graphics segments, on the other hand, eliminate overflow effect and precise limits.



2.2.1.6 Combining The Two

By bringing together two depth maps, depth prior is created. The initial depth is presented as an estimate, and this rough draft provides a depth information. This information is fed directly from the random steps algorithm. Depth priority is essentially the depth map in chart separations, and random steps should continue to help maintain strong boundaries in the depth map. Before we put it together, we need to modify the depth priority. Chart separations are represented by integers in the depth map [1.Nd], while the depth map of random steps is in the continuous range [0.1]. Both depth maps correspond to each other. But to be compatible, one must be converted to another. Information about which continuous label corresponds to which integer label is saved. The graphical separations are then completed. This match is the "map back" in the continuous range. As a result, the depth priority to combine the two depth maps feeds directly into the Random steps algorithm by changing the edge weights. But the edge weight equation is changed. The distance function is applied to include information from the depth first. If d_i represents the depth obtained from the depth of the i pixel, the edge weight equation is modified and defined by changing the Euclid distance after it is processed according to the lookup table:

$$D(\overline{c_i}, \overline{c_j}, d_i, d_j, |a) = \sqrt{[D(\overline{c_i}, \overline{c_j})]^2 + \alpha(d_i - d_j)^2}$$

$\overline{c_i}, \overline{c_j}$ and $D(\overline{c_i}, \overline{c_j})$:section 2-B1. Set to 0.5 value is the scaling factor that specifies how much the depth priority should contribute to the output, and the positive fact is constant. d_p , specifies the p pixel in the depth priority. However, the dynamic range of depth information from the depth first is in the range [0.1]. The components of the CIE L*a*b* color gap are significantly larger, as shown in Equation 7. These conditions excel at depth-priority conditions. However, the entire image or entire film frame is first converted to the CIELAB color space. Each CIELAB channel is normalized individually. Thus, each component in the range [0.1] is used in Equation 7.

The combined results in Figure 4(e) An instance is set on a value of $\alpha=0.5$. Compared to Figure 4(c) and Figure 4(d), Figure 4(e) contains the most attractive states. Random steps depth map only has a texture and slopes that are difficult to detect; depth priority has consistent and noticeable limits for objects in the scene. The trees and shrubs in the original picture are now much better distinguished from the objects in the background and neighboring objects. In addition, unclassified regions or spaces remained in depth first. These gaps are filled with the production of the final depth map. The final depth map is obtained using the color information in the image, taking advantage of the depth first.

2.3 Getting 3D Images

I-)Two or More Image-Based Algorithms

I-a) Depth with Binocular Inequality Method

I-b) Depth by Deviation from The Room

II-) Single Image Based Algorithms

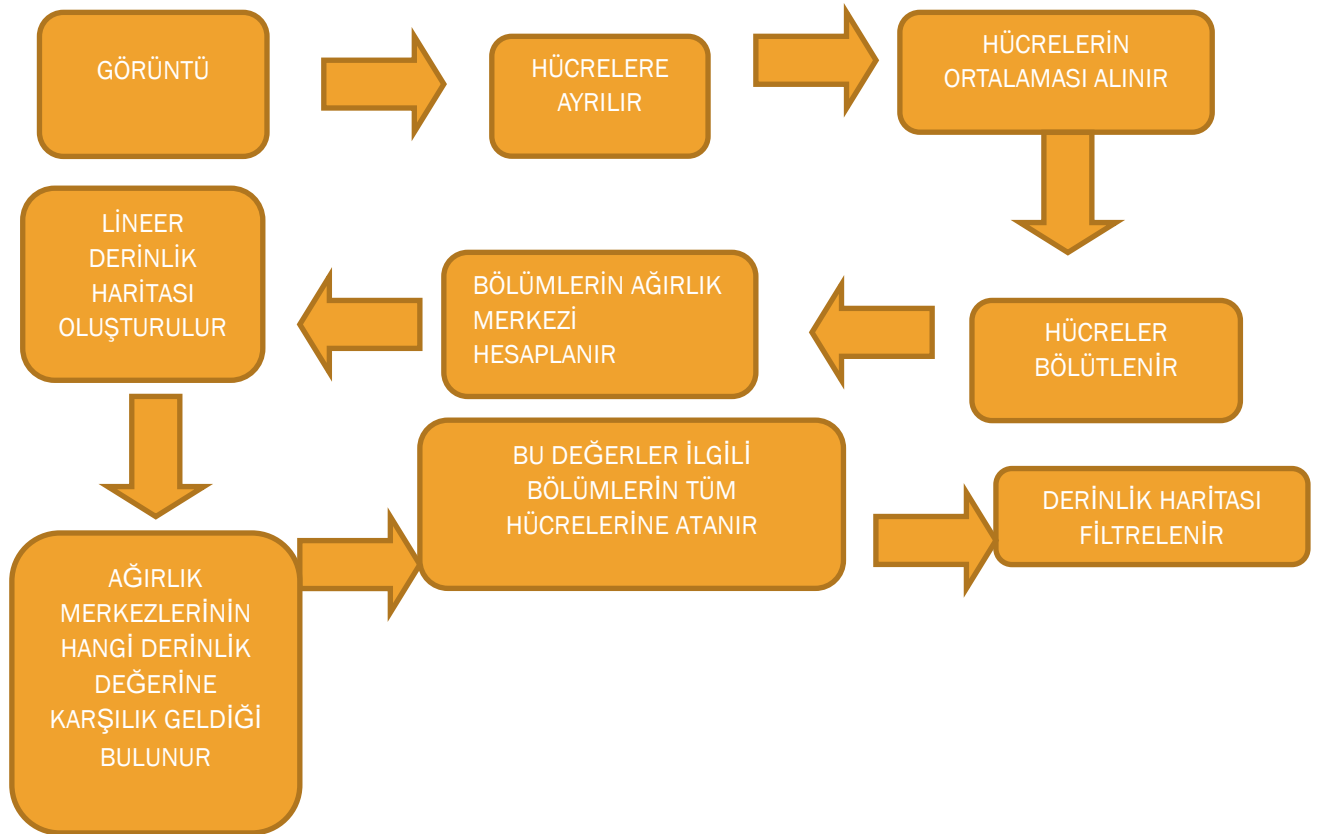
II-a) Depth with Blur Method

II-b) Depth with Focus Method

II-c) Depth from Geometric Perspective

II-d) Depth from Edge Knowledge

2.4 General structure of the applied method

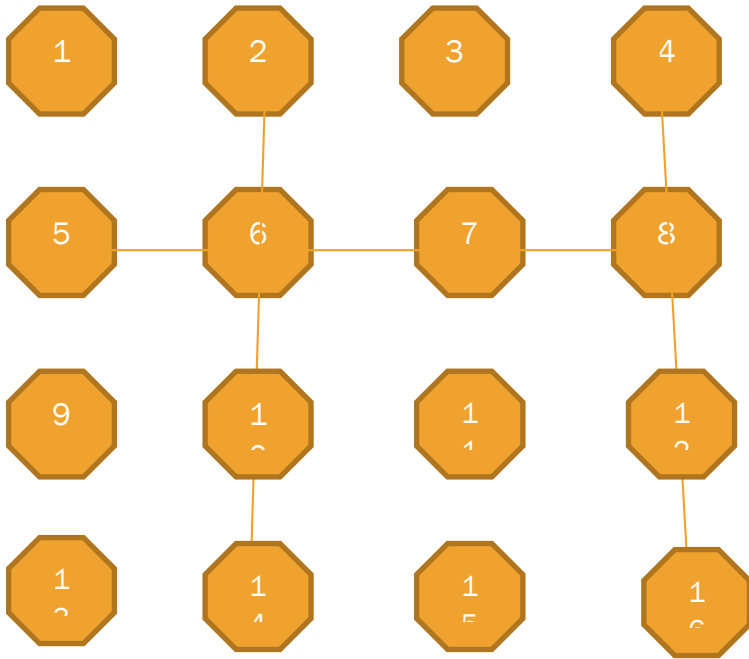


2.5 Split the image into cells

The purpose of separating the image into cells:

- Reduce computational complexity
- To get better color information

Original image divided into 4*4 blocks



Original image divided into 4*4 blocks

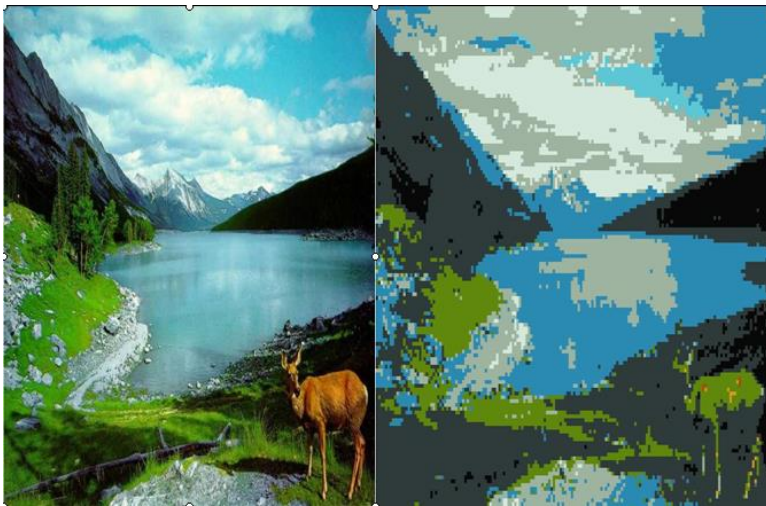


Figure 1- Original image Figure

Figure 2-Divided image

2.6 Assigning a joint on a linear depth map

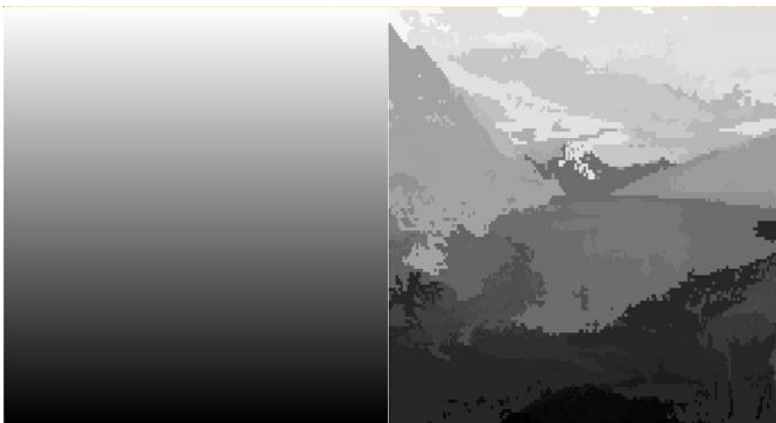


Figure 3-Linear Depth Map Figure

Figure 4-Depth Map

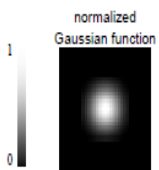
2.7 Filtering the depth map

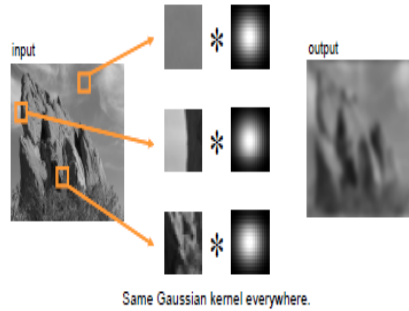
*Gauss filter

$$G_{\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$GB[I]_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma}(\|p-q\|) I_q$$

normalized
Gaussian function





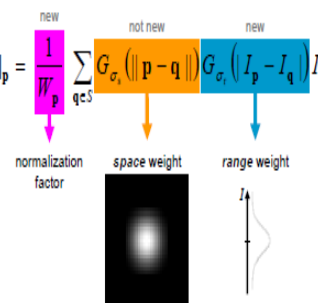
Filtering the Depth Map

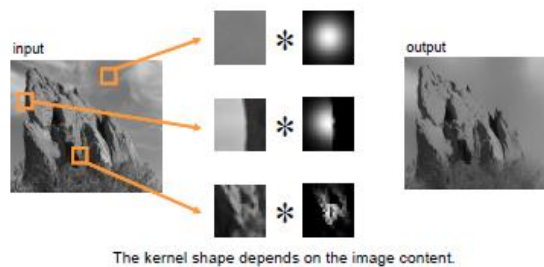
□ Cross Binary Filter:

$$G_{\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$BF[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma}(\|p-q\|) G_{\sigma}(|I_p - I_q|) I_q$$

normalization factor space weight range weight





$$BF[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p-q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) I_q$$

Filtering the Depth Map

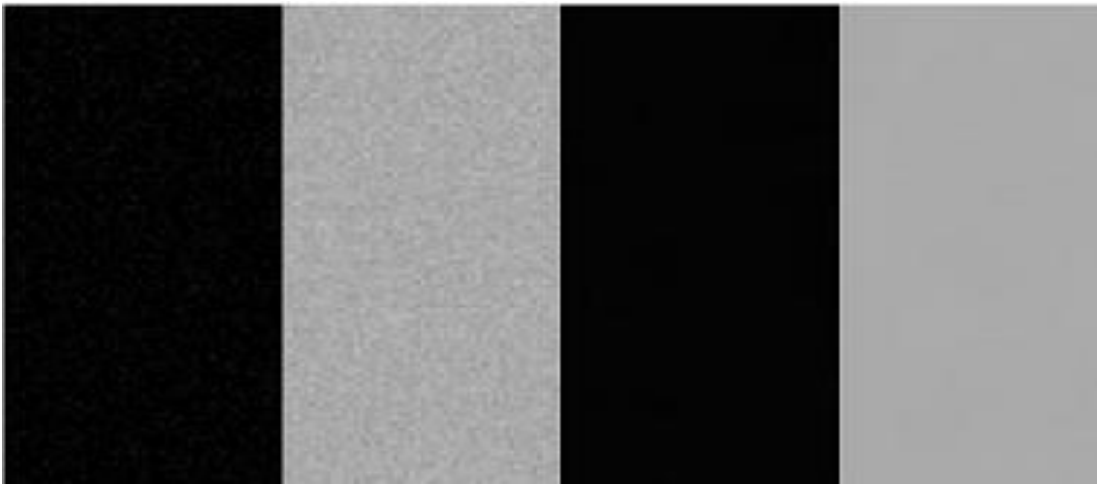


Figure 5-Unfiltered Image Figure

Figure 6-Filtered Picture with Diagonal Binary Filter



Figure 7-Filtered Image Figure

Figure 8-Filtered Picture with Diagonal Binary Filter

3. Results and Discussion

As a result of research and investigations, numerous methods have been found in the process of converting from two dimensions to three dimensions. It has been determined in the examinations that there are points where each method is weak and strong. The characteristic characteristics of the image were understood to be directly effective in selecting the conversion method to be used.

Conversion methods were examined and automatically and semi-automatically separated into two main heads. Today, many conversion methods are focused on automatic depth inverting, but reduced user intervention has made it difficult to control conversion results. Some errors have been seen to be unsolvable easily. It has been found that objects may not be able to get accurate feedback on depth information and some additional processes may be necessary. It has been found that user input used in semi-automated approaches to eliminate these disadvantages provides a significant advantage.

If the processes contained in the methods we recommend are applied correctly, quality stereoscopic images can be obtained and examined and seen in the experimental results of those who recommend the method. In the following period, critical information that will guide the software applications of these methods is absorbed and the methods are examined in theoretical detail.

References

- [1] H. Wang, Y. Yang, L. Zhang, Y. Yang, and B. Liu, "2D-to-3D Conversion Based on Depth-from-Motion," *Proc. IEEE Intl. Conf. on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer*, 2011.
- [2] M. Guttman, L. Wolf, and D. Cohen-Or, "Semi-automatic Stereo Extraction from Video Footage," *Proc. IEEE Intl. Conf. on Computer Vision (ICCV)*, 2009.
- [3] O. Wang, M. Lang, M. Frei, A. Hornung, A. Smolic, and M. Gross, "StereoBrush: Interactive 2D to 3D Conversion using Discontinuous Warps," *Proc. Eighth Eurographics Symp. on Sketch-Based Interfaces and Modeling*, pp. 47–54, 2011.
- [4] Y. Boykov, O. Veksler, and R. Zabih, "Fast Approximate Energy Minimization via Graph Cuts," *IEEE TPAMI*, vol. 23, no. 11, pp. 1222–1239, 2002.
- [5] C.-C. Cheng, C.-T. Li, and L.-G. Chen, "A 2D-to-3D Conversion System using Edge Information," *Proc. IEEE Conf. On Consumer Electronics (ICCE)*, 2009.
- [6] Yu-Lin Chang, Chih-Ying Fang, Li-Fu Ding, Shao-Yi Chen, and Liang-Gee Chen. Depth map generation for 2d-to-3d conversion by short-term motion assisted color segmentation. In *Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference on*, pages 1958–1961, July 2007.
- [7] Tam, W.J. Liang Zhang, "3D-TV Content Generation: 2D-to-3D Conversion," in *IEEE Intl. Conf. on Multimedia and Expo(ICME)*, 2006
- [8] C.-C. Cheng, C.-T. Li, P.-S. Huang, T.-K. Lin, Y.-M. Tsai, and L.-G. Chen, "A block-based 2D-to-3D conversion system with bilateral filter," in *Proc. IEEE Int. Conf. Consumer Electronics*, 2009.
- [9] Y.-L. Chang, et al, "Depth map generation for 2D-to-3D conversion by short-term motion assisted color segmentation," in *Proc. ICME*, 2007.



Travel Time Prediction with Bluetooth Sensor Data in Intelligent Traffic System (ITS)

Levent Cıvcık¹, Semih Koçak²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO Fakültesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4580-8164)

² Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0508-1685)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.829619)

ATIF/REFERENCE: Cıvcık, L. & Koçak, S. (2020). Travel Time Prediction with Bluetooth Sensor Data in Intelligent Traffic System (ITS). *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 522-529.

Abstract

Travel time plays a major role in handling the traffic rate. Bluetooth technology is one of the approaches this time observable. Traffic tracking, vehicle determination on a certain route, and travel time information can be obtained using the bluetooth data gathered using this tool. The Bluetooth technology will be used to analyze certain features affecting travel time results. Highway travel time can be used as a new and efficient data collection tool through the bluetooth sensors which are widely used today. The central control software system consists of a comprehensive system for storing and organizing data at a central location, processing data in vehicles and displaying it to drivers. The central system architecture can be used to display congested road data to the driver, including scenarios, text messages and visuals, identified by traffic information message signs (VMS), which are also linked to the system on the particular highway via a data fusion process in line with data from a variety of sources, for example sensors. Providing information about travel time distribution, both average and variance, will play a more effective role in drivers' high likelihood of arriving on time and in selecting efficient routes. In order to determine the travel time flow, an inhomogeneous data fusion tracking is performed by combining the scattered collected data with distance detectors. With this method preferred in the research, road travel time flows are determined with the help of sensors. The travel time of the roads without sensors is obtained from the data of GPS-based service providers. In addition to the travel time flow, the Dempster-Shafer theory is combined with the travel time results from the distance sensors. Based on the travel time results obtained, the method of improvement in travel time flow has been developed.

Keywords: Travel time, Public transport, Traffic management, Bluetooth sensor, Traffic time estimation

Akıllı Trafik Sistemlerinde (ITS), Bluetooth Sensor Verileri Yardımıyla Seyahat Süresi Tahmini Gerçekleştirme

Öz

Trafik yoğunluğu yönetimi için seyahat süresi önemli bir rol oynar. Bu süreyi saptayabilecek yöntemlerden biri de bluetooth teknolojisidir. Bu yöntemle toplanan bluetooth verileri ile; trafik izleme, belirli bir rotadaki araçları belirleyebilme ve seyahat süresi gibi bilgiler elde edilebilmektedir. Bluetooth teknolojisi ile seyahat süresi verilerini etkileyen belirli özellikler analiz edilmiştir. Günümüzde aktif olarak kullanılan bluetooth sensörleri aracılığıyla, otoyol seyahat süresi yeni ve etkili bir veri toplama aracı olarak kullanılabilir. Merkezi kontrol yazılım sistemi, merkezi konumda verileri toplamak, biçimlendirmek, araçlardaki verileri işlemek ve sürücülere sunmak amacıyla bütünsel bir sistem içermektedir. Merkezi sistem tasarımı, bir veri kaynaştırma işlemi yoluyla, bir dizi kaynaktan örneğin sensörlerden gelen veriler doğrultusunda ilgili otoyol üzerinde yine sisteme bağlı olan trafik bilgilendirme mesaj işaretlerine (VMS) tanımlanan senaryolar, metin mesaj ve görseller olmak üzere sürücüye ilgili tıkanık yol verilerini sunmak için kullanılabilir. Hem ortalama hem de varyans olmak üzere seyahat süresi dağılım bilgilerinin sağlanması, sürücülerin zamanında ulaşma olasılığının yüksek olması ve güvenilir yol seçimlerinde daha etkili bir rol oynayabilmektedir. Seyahat süresi akışını belirleyebilmek için dağınık toplanan verileri, mesafe detektörleriyle birleştirerek homojen olmayan bir veri füzyon takibi yapılmaktadır. Yapılan çalışmada tercih edilen bu yöntemle, yol seyahat süresi akışları sensörler yardımıyla tespit edilmektedir.

Sensör bulundurmeyan yolların ise seyahat süresi tespiti, GPS tabanlı servis sunucularının verilerinden elde edilmektedir. Seyahat süresi akışında ek olarak Dempster-Shafer teorisi, mesafe sensörlerinden elde edilen seyahat süresi sonuçları ile birleştirilmiştir. Elde edilen seyahat süresi sonucuna bakarak, yol seyahat süresi dağılımlarını iyileştirme yöntemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik yönetimi, Bluetooth sensörü, Trafik süresi tahmini, Seyahat süresi

1. Introduction

The "travel time" flow time for a round trip between two traffic points lets drivers schedule their journeys better. The travel time data is an important parameter in the network of intelligent traffic systems, the awareness and foresight of traffic requests, traffic density simulation, traffic time monitoring, event detection, density management and efficient route selection.

Travel time is a complex, spatial parameter which is difficult for the entire travel flow to be calculated directly. Travel time is directly determined by sensors from vehicles traveling along a road path, connected to specified points. Automatic vehicle identification (AVI), Automatic number-plate recognition Systems, Signature Matching Detection Systems, Platoon Recognition System, Global Positioning Systems (GPS), cell phones and Bluetooth sensors are one of the common methods used in travel flow analysis.

While today these sensors are implemented, the calculation of travel time has several downsides. They do not have numbers, occupancy and flow statistics, require user involvement, have privacy concerns and can be restricted to specified traffic segments.

More and more development is ongoing for applications for Bluetooth, travel time measurement. Preliminary western studies have shown Bluetooth's cost-effectiveness benefits in spatial sensing under homogeneous traffic conditions [1]. Agencies such as the United States Department of Transportation in Illinois [2] and Houston Transtar use Bluetooth sensors to gather information on travel times. This research examines the feasibility of traffic data sources for Bluetooth sensors as road traffic conditions in Turkey aim to provide traffic and protection.

Using Bluetooth sensors, this can be used to measure vehicle travel times with bluetooth devices. Therefore, understanding the percentage of tools that data can be collected using this method, i.e. analysis of the penetration rate, is important. It is also important to know the class-based distribution of the tools which collect data from. Highways; Light and heavy two vehicles (bikes, motorcycles), three (three-wheelers) and four-wheelers (cars) share a dense population of pedestrians.

This study determines by performing penetration analysis, the class-based distribution of Bluetooth-based data. In addition, a method for estimating the flow travel time from sampled data has been developed.

2. Material and Method

Traffic conditions are measured using data from different devices, from conventional inductive loops to advanced Bluetooth MAC Scanners. Different methods have been proposed to determine travel time (or speeds) ([3], [4], [5] - [8]) and intensity ([9] - [11]) from the information of loop sensors. Bluetooth connects different devices wirelessly at close distances using low power radio waves(1-100 m).The Bluetooth system uses an electronic signature of 12 digits, called the address of the Media Access Control or MAC. For each vehicle, that acts as an electronic alias. This question forms a constant connection between MAC IDs. The MAC ID's anonymity guarantees privacy [2] and is used as a handle for collecting traffic information.

In our research, privacy breaches have been removed by replacing the user-captured MAC IDs with a random number created automatically by the Bluetooth sensor.

Travel time from Bluetooth sensor data is determined by matching the MAC IDs at the two locations. Most recent Bluetooth studies for traffic applications focus on Bluetooth data quality control and average speed or origin-destination estimate ([1], [2]). In most of these studies, the sampling rate or penetration rate captures just a percentage of the traffic flow, and is used as a source of traffic data.

For example, in a study conducted at the University of Maryland, a low sampling rate of 2% to 4% was observed for one Bluetooth per hour [1]. The timing of travel obtained using data from Bluetooth detectors was shown in this study as comparable with the data obtained using GPS.

Our research also suggests a two-step method for filtering travel time to determine upper and lower limits from the distribution of travel time. The accuracy of the measured travel time has been reported to be better with the distance between the two Bluetooth detectors and decreasing vehicle velocity.

Stevanovic and Martin [12] compared the travel times calculated by Bluetooth MAC readers to those obtained using floating vehicles equipped with the GPS. He recorded that for 83 per cent of cases, travel times from Bluetooth readers did not significantly (by 95 per cent) shift from GPS floating vehicle travel time.

Wang et al. [13] showed that the travel time obtained from the Bluetooth sensors and calculated from loop detectors was approximately similar with sampled data.

Welsh et al. [14] worked to boost communication times for Bluetooth technology between mobile devices and suggested the development of a mesh network of Bluetooth-connected devices.

Ahmed et al. [15] further discussed the idea of using Bluetooth technology to build a static data gathering network for ITS. In several research studies the Bluetooth detection technology has been shown to be effective [15, 16]. Path and heavy path tests, methodologies focused on Bluetooth sensor data processing, intrusive approaches such as loop sensors, and Floating Vehicle Data ([1], [17]-[19]).

Sadabadi vd. Using the relationship between vehicle length, average speed and travel time, [20] showed that taking into account the upper limits of errors, the travel time evaluation error could be negligible when the average speed was 45 km / h and the distance 2–3 miles between two sensors. Quayle et al. ([17], [18]) used a shifting standard deviation to determine the upper and lower travel time limits determined by a Bluetooth sensor [21].

Jaume et al. [22] studied the quality of data generated by Bluetooth and Wi-Fi detection of mobile devices to observe time dependent Kalman Filtering-based Source Target matrices.

Sawant et al. [23] used the wireless sensor network principles and Bluetooth protocols to establish a new approach that enhances road travel safety.

Bullock et al. [24] investigated the feasibility of Bluetooth in calculating the time spent traveling through the security screening checkpoint to the airport entry point, waiting in long queues for security scanning. As with other methods of calculating travel time, sources of error exist and external data points need to be reviewed to ensure accurate travel times are recorded. Any errors can occur as a result of signal delay and non-uniform traffic flow in the heavy traffic hotspot Bluetooth travel time determinations [25]. 10.24s is needed to complete the Bluetooth interrogation process, which produces a broad source of error and causes incorrect travel time measurements, but as the distance between Bluetooth stations increases, the measurement error decreases [(26],[27)]. In recent years, several researchers have attracted the interest of Bluetooth and cell phone applications in estimating the travel time. As a result, several studies for detecting and addressing outliers were presented ([25], [28]). Point-to - point sources of data such as Bluetooth have been widely documented as self-sufficient when it comes to travel time prediction ([29],[30]). The often-created presumption, however, is that the data samples are large enough to quantify the relevant statistics [31]. On the other hand, the travel time estimation method includes a variety of methods for collecting data.

Steven et al. [32] compared Radio Frequency Identification (RFID), Bluetooth sensors, and data acquired by the software company INRIX with "absolute direction" travel time data obtained from GPS-based navigation systems probe vehicles. Many of the above-mentioned studies were performed in compliance with the more homogenous European traffic norms. The fundamental rules of using Bluetooth for various kinds of traffic conditions, travel time forecasts stayed constant, Turkey needs to make significant improvements to ensure certain requirements are followed.

2.1. Data

Enabled and mounted in two places, Bluetooth sensors are connected to laptops with "Batch Interface Program" software. When the sensors move by a vehicle with Bluetooth system, the program automatically records the MAC ID and time stamp (Figure 1). Matching pairs were determined using data obtained from two sources.

```
root@myd-am335x opt# ./Denemel
Road configuration file is opened
noOfRoads 3
3 1 3 0
0 0 1 0
0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
8 11 14 17 20 23 26 0 0 0 0 0 0 0 0
bin numbers for roads and lanes:
8 11 14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 23 26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
NetIO init OK.
FFT config alloc OK!
File Handle=3
Output Baud Rate=4110
Input Baud Rate=4110
Output Baud Rate=4103
Input Baud Rate=4103
Socket successfully created..
Socket successfully binded..
Output Baud Rate=13
Input Baud Rate=13
Server listening..
Bluetooth1 thread Running
Output Baud Rate=13
Input Baud Rate=13
Btl: D868C31A10D0,
Comm.Error # =1
Btl: D868C31A10D0,
Btl: E0338EAF84A,
Btl: E0338EAF84A,
Comm.Error # =2
Btl: E0338EAF84A,
Bluetooth2 thread Running
Btl: E0338EAF84A,
```

Figure 1 - List of MAC IDs Collected from Vehicles

The discrepancy between the arrival timestamps is acknowledged as the vehicle's travel time at the two locations obtained for the mutually compatible MAC ID. The total number of cars, the categorization and the actual value of travel time were also videotaped to obtain real value for all data collection operations manually, and this information was useful for leakage, class classification and estimated travel time verification.

Data were composed during two point traffic periods (08.00-12.00 and 15.00-19.00) for the analysis and also one more day (08.00-19.00) for vehicle type identification.

The calculated flow travel time obtained from the simulation studies was used for verification as it was tiring to collect data from the field and was time consuming. The data was created using the batch interface program. The simulation was carried out on 16-19 August 2020 using actual field flow knowledge obtained from an automated sensor.

Travel time, grouped speed, and flow information was created for 24-hour intervals on both days and the flow was used to measure, model, and validate travel time.

2.2. Sampling Rate Analysis

Real Bluetooth sensor traffic volume, also known as the sampling rate [2], is a significant predictor for determining the adequacy of the sample size for analysis. Analysis of the penetration levels at the entry and exit locations was carried out separately. The number of Bluetooth-captured vehicles at each position was derived from the raw data collected using the Bluetooth sensor. By manually counting the vehicles in the video the total number of vehicles going through each of these locations was obtained. During the entire data collection duration such counts were made at intervals of 5 minutes.

The division of the number of samples collected by Bluetooth over a given 5-minute period into the total vehicle flow was taken as the rate of penetration for that time. Figure 2 shows the maximum and minimum rate of penetration at two separate locations in the morning and evening hours.

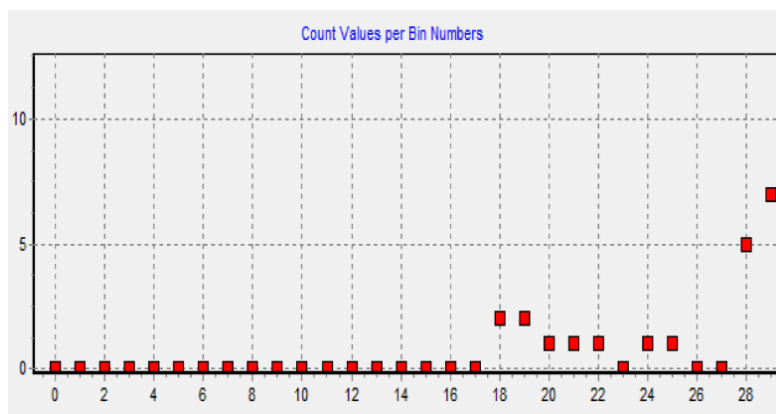


Figure 2 - HSV Speed and 3W Speed Distribution Graph

3. Results and Discussion

3.1. Estimating Travel Flow Time

In order to understand the suitability of Bluetooth technology in road travel time estimation, it is necessary to know the distribution of Bluetooth sensors to different vehicle groups. Four main vehicle groups are debated in this research:

- Two wheels (2W),
- Three wheels (3W),
- Light engine vehicles (LMV) and
- Heavy motor vehicles (HMV).

Which is 5 percent of the average penetration rate in the conditions of Turkey and in this report, Bluetooth High Speed Tools (HSV), which are grouped primarily 2W penetration rate capture and LMV is understood from the class of analysis and classification report. Therefore, the average travel time of HSV is calculated by measuring it via Bluetooth. In order to determine the entire road travel time, firstly the travel times of slow moving vehicles should be calculated from the travel times in the data collected.

The average HSV velocities were determined using the known distance between data collection points as follows, based on the HSV average travel times measured.

$$V_{HSV} = D_{12} / T_{Bluetooth}, \quad (1)$$

$T_{Bluetooth}$, here is the travel time determined by the Bluetooth sensor, the high-speed vehicle V_{HSV} speed and the distance between the two detector stations is D_{12} .

From this HSV velocity the velocity of the whole flow has to be calculated. The composition of traffic in the research result was found to be 25 percent 2W, 5 percent 3W, 45 percent LMV and 25 percent HMV. And the average weighted velocity of the whole flow can be written as:

$$V_{stream} = 0.45V_{2W} + 0.06V_{3W} + 0.02V_{HMV} + 0.47V_{LMV}, \quad (2)$$

V_{2W} is the speed of 2-wheelers, V_{3W} speed of 3-wheelers, V_{HMV} speed of heavy motor vehicles, V_{LMV} speed of light motor vehicles and V_{stream} average flow rate.

The corresponding travel time for flow may be expressed as follows:

$$T_{stream} = D_{12} / V_{stream}, \quad (3)$$

T_{stream} is the stream travel time of the road.

Weighted linear regression utilized travel time data from HSV to estimate the speed of slow moving 3W and HMV. 3W/HMV speed was treated as dependent variable and HSV speed as independent variable.

$$V_{3W} = \alpha_1 V_{HSV}, \quad (4)$$

$$V_{HMV} = \alpha_2 V_{HSV}, \quad (5)$$

α_1 is the coefficient obtained from the 3W-HSV regression; it is the coefficient of α_2 obtained from the HMV-HSV regression.

In addition to this, in linear regression, every data point is considered to have exactly the same information, and this may not always be the case. In this case, weighted linear regression is used to reduce the error by assigning a weight to each point that governs its effect on the estimation process.

For HSV versus HMV a similar trend is observed. For this reason, weighted linear regression have head to determine the relation between speeds of 3W and HSV and HMV and HSV. Traffic patterns often depend on the time of day, and there are variations between peak hours and off-peak times and nights. To assess those ruling, Batch Interface's full day data was plotted. Figure 3 provides an example graph of the travel time. A 150 second travel time was chosen as a threshold between the dense and non-intensive flow regimes.

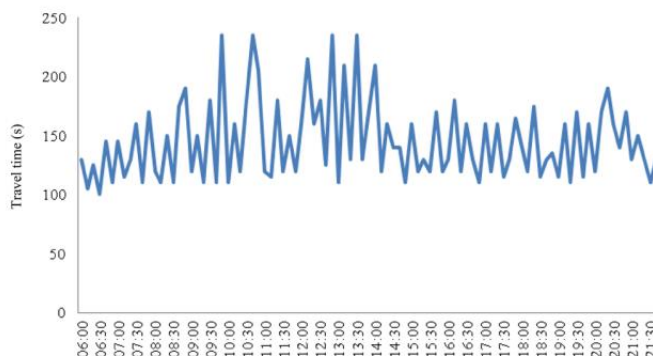


Figure 3 - One-day Traffic Flow Chart

On this basis the congested and normal flow regimes were calculated, and for each of the flow regimes the relationship between HSV and 3W and HMV velocities was formulated separately. In Figure 3 the use of simulated data was extended to achieve adequate sample size. HSV velocity is the average speed of LMV and 2W.

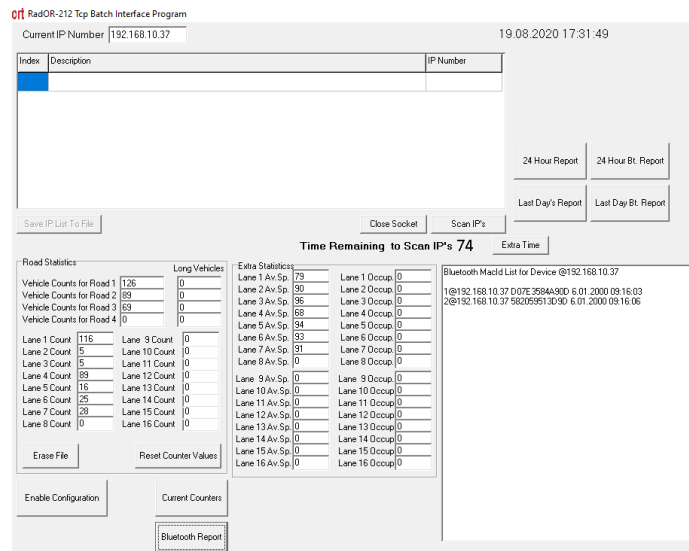


Figure 4 - Bacth Interface Program

An estimation of the linear relationship is made from linear regression between speeds of different groups of vehicles. Using Equation (2) the average flow rate was calculated. Various coefficients used to estimate the average HSV velocity flow rate for different periods of the day, using the observed HSV velocity and projected 3W and HMV velocities, are shown in Table 1.

Table 1. 3W (α_1) and HMV (α_2) Constants at Various Flow Times

Linear constants	8:00/12:00	13:30/16:00	15:00/19:00
α_1	0.84	0.783	0.81
α_2	0.83	0.793	0.83

Validation was performed using simulated data that was obtained on a different day. Classified travel time and speed data for the entire day were created, and HSV speed was calculated by dividing HSV by travel time (average LMV and 2W travel time). The 3W and HMV velocity was determined using the coefficients ranging from α_1 and α_2 obtained as above, and the total flow rate was calculated using the equation (2).

The predicted velocities are in line with the real values of distance. Using the Equation (3) the corresponding flow travel time is measured. For measuring errors, the Mean Absolute Percent Error (MAPE) given in Equation (6) was used.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{T_e - T_o}{T_o} \right| \times 100 ; \tag{6}$$

T_e and T_o are estimated and observed travel times.

3.2. Discussion

Transport ministries use inductive loops, traffic mobile or probe sensors to predict travel time and monitor travel time. While these conventional systems are verified traffic data collection methods, there are still some disadvantages to each.

Recently, the Floating Car Data, Bluetooth and GPS module systems have given chance more practical method for collecting traffic data and measuring traffic efficiency. Furthermore, all international studies were performed in compliance with European traffic standards which are essentially homogeneous in nature. The basic principles of using Bluetooth for travel time forecasts for heterogeneous traffic conditions remained the same, Turkey has to make major changes to accommodate the way it does.

Turkey is considering the use of GPS technology in future studies to predict travel time under traffic flow conditions. In this case, the two technologies such as Bluetooth and GPS can vary or quite similar. Using GPS and other data sources, companies like Waze, TomTom and Google will have traffic situations at the city and country level after all. Consequently, comparisons should be made across all travel time estimation technologies under various conditions.

4. Conclusions and Recommendations

In this analysis, for potential use as a traffic sensor, the Bluetooth data collected from a busy road on the Ankara Ring Road were analysed. It displays penetration rate analysis, class recognition and flow travel time estimation using Bluetooth.

It was found that the penetration rate was around 5 percent. Most of the vehicles identified are motorcycles and automobiles and deviations have been detected on the data.

Conjecture travel time from restricted Bluetooth data for a whole stream is difficult and so far few work have researched this problem. Data from 2W and LMV were extrapolated in this analysis to approximate travel times for other groups of vehicles, such as three-wheelers and heavy motor vehicles.

For heavy and off-peak traffic flow conditions, actual estimate and analysis of the flow travel time was conducted separately. By weighted linear regression analysis, the study defined linear relationships between the speeds of different vehicle groups, and the approximate flow travel time of the distance divided by the flow velocity was calculated. With an average of 2 per cent MAPE, this technique was effective in accurately estimating flow travel time.

This analysis revealed that Bluetooth is a cost-effective travel time estimation technology for heterogeneous traffic conditions.

References

- [1] A. Das, A. Ghose, A. Razdan, H. Saran, R. Shorey (2002) Enhancing performance of asynchronous data traffic over the Bluetooth wireless ad-hoc network. Proceedings IEEE INFOCOM 2001. Conference on Computer Communications. Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Society (Cat. No.01CH37213)
- [2] Chris Bachmann, Matthew J. Roorda, Bahar Abdulhai & Behzad Moshiri (2013) Fusing a Bluetooth Traffic Monitoring System With Loop Detector Data for Improved Freeway Traffic Speed Estimation. Journal of Intelligent Transportation Systems Volume 17, 2013 - Issue 2
- [3] Ashish Bhaskar, Edward Chung André, Gilles Dumont (2010) Fusing Loop Detector and Probe Vehicle Data to Estimate Travel Time Statistics on Signalized Urban Networks. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2010.00697.x>
- [4] Coifman B, Krishnamurthy S (2007) Vehicle reidentification and travel time measurement across freeway junctions using the existing detector infrastructure. Transp Res Part C Emerg Technol 15(3):135–153
- [5] Bhaskar A, Qu M, Nantes A, Miska M, Chung E (2015) Is bus overrepresented in Bluetooth MAC scanner data? Is MAC-ID really unique? Int J Intell Transp Syst Res 13(2):119–130
- [6] Cortes C, Lavanya R, Oh JS, Jayakrishnan R (2002) Generalpurpose methodology for estimating link travel time with multiple-point detection of traffic. Transp Res Rec J Transp Res Board 1802:181–189
- [7] Dailey DJ (1999) A statistical algorithm for estimating speed from single loop volume and occupancy measurements. Transp Res Part B Methodol 33(5):313–322
- [8] Wang Y, Nihan NL (2003) Can single-loop detectors do the work of dual-loop detectors? J Transp Eng 129(2):169–176
- [9] Qian QQ, Lin S, He ZY, Li XP (2012) Travelling wave timefrequency characteristic-based fault location method for transmission lines. Gener Transm Distrib IET 6(8):764–772
- [10] Sharma A, Bullock D, Bonneson J (2007) Input-output and hybrid techniques for real-time prediction of delay and maximum queue length at signalized intersections. Transp Res Rec J Transp Res Board 2035:69–80
- [11] Vigos G, Papageorgiou M, Wang Y (2008) Real-time estimation of vehicle-count within signalized links. Transp Res Part C Emerg Technol 16(1):18–35
- [12] Stevanovic AZ, Martin PT (2008) Assessment of the suitability of microsimulation as a tool for the evaluation of macroscopically optimized traffic signal timings. J Transp Eng 134(2):59–67
- [13] Wang Y, Malinovsky Y, Lee UK, Wu YJ (2011) Investigation of bluetooth-based travel time estimation error on a short corridor. In: Transportation research board 90th annual meeting (No. 11–3056)
- [14] Welsh E, Murphy P, Frantz JP (2002) Improving connection times for Bluetooth devices in mobile environment. In: Proceedings of the 2002 international conference, on fundamentals of electronics communications and computer science of IEICE (ICFS 2002), 27–28 Mar 2002, Tokyo, Japan, pp 1–5

- [15] Ahmed H, El-Dariby L, Abdulhai B, Morgan Y (2008) Bluetooth- and Wi-Fi-based mesh network platform for traffic monitoring. In: TRB 87th annual meeting compendium of papers DVD, 13–17 Jan 2008, Washington, DC, pp 1–11
- [16] Sharifi E, Hamed M, Haghani A, Sadrsadat H (2011) Analysis of vehicle detection rate for Bluetooth traffic sensors: a case study in Maryland and Delaware. In: Proceedings of the 18th world congress on intelligent transport systems, 16–20 Oct 2011, Orlando, FL, pp 1–12
- [17] Quayle SM, Koonce P, DePencier D, Bullock DM (2010) Arterial performance measures with media access control readers: Portland, Oregon, pilot study. *Transp Res Rec J Transp Res Board* 2192:185–193. doi:10.3141/2192-18
- [18] Quayle SM, Koonce P, DePencier D, Bullock D (2010) Arterial performance measures using MAC readers: Portland pilot study. In: Transportation research board annual meeting proceedings CD-ROM
- [19] Wasson JS, Sturdevant JR, Bullock DM (2008) Real-time travel time estimates using media access control address matching. *ITE J* 78(6):20–23
- [20] Sadabadi KG, Hamed M, Haghani A (2010) Evaluating moving average techniques in short-term travel time prediction using an AVI dataset. In: Transportation research board, annual meeting proceedings CD-ROM
- [21] Huston TranStar and Bluetooth Traffic Monitoring (2012). http://traffic.houstontranstar.org/bluetooth/transtar_bluetooth.html. Accesed 22 July 2013
- [22] Jaume B, Lidia M, Laura M, Carlos C (2010) A Kalman-filter approach for dynamic OD estimation in corridors based on Bluetooth and WiFi data collection. 12th WCTR, Lisbon, Portugal
- [23] Sawant H, Tan J, Yang Q, Wang Q (2004) Using Bluetooth and sensor networks for intelligent transportation systems. In: IEE intelligent transportation systems conference, Washington, D.C., USA
- [24] Bullock D, Haseman R, Wasson J, Spitler R (2010) Automated measurement of wait times at airport security: deployment at Indianapolis international airport, Indiana. *Transp Res Rec J Transp Res Board* 2177:60–68
- [25] Van Boxel D, Schneider W IV, Bakula C (2011) Innovative realtime methodology for detecting travel time outliers on interstate highways and urban arterials. *Transp Res Rec J Transp Res Board* 2256:60–67
- [26] Malinovskiy Y, Lee UK, Wu YJ, Wang Y (2011) Investigation of Bluetooth-based travel time estimation error on a short corridor. In: Transportation research board 90th annual meeting (No. 11-3056)
- [27] Puckett DD, Vickich MJ (2010) Bluetooth-based travel time/ speed measuring systems development (No. UTCM 09-00-17)
- [28] Horn C, Klampfl S, Cik M, Reiter T (2014) Detecting outliers in cell phone data: correcting trajectories to improve traffic modeling. *Transp Res Rec J Transp Res Board* 2405:49–56
- [29] Khoei AM, Bhaskar A, Chung E (2013) Travel time prediction on signalised urban arterials by applying SARIMA modelling on Bluetooth data. In: 36th Australasian Transport Research Forum (ATRF) 2013
- [30] Qiao W, Haghani A, Hamed M (2013) A nonparametric model for short-term travel time prediction using bluetooth data. *J Intell Transp Syst* 17(2):165–175
- [31] Nantes A, Ngoduy D, Miska M, Chung E (2015) Probabilistic travel time progression and its application to automatic vehicle identification data. *Transp Res Part B Methodol* 81:131–145
- [32] Steven CHIEN, Kitae KIM (2012) Evaluation of floating car technologies for travel time estimation. *Journal of Modern Transportation*.



Nesnelerin İnternetinde Sahte Kimlik Saldırılarının Makine Öğrenme Yöntemleri ile Tespiti

Semih Çakır^{1*}, Nesibe Yalçın² ve Sinan Toklu³

¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Kdz. Ereğli Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3072-9532)

² Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0324-9111)

³ Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8147-9089)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.838994)

ATIF/REFERENCE: Çakır, S., Yalçın, N. & Toklu, S. (2020). Nesnelerin İnternetinde Sahte Kimlik Saldırılarının Makine Öğrenme Yöntemleri ile Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 530-536.

Öz

Nesnelerin interneti (Internet of Things, IoT) cihazları, kablosuz algılayıcı ağlarında yaşanan gelişmelerle her geçen gün daha fazla kullanım oranına sahip olmaktadır. IoT cihazlarının tümünün birbirine bağlanması ile oluşan heterojen ağ, dışarıdan gelen saldırılara oldukça açıktır. Günümüze kadar birçok yönlendirme protokolü saldırıları ortaya atılmış olup gün geçtikçe saldırılar artmaya ve çeşitlenmeye devam etmektedir. Bununla birlikte, önerilen tespit ve önleme yöntemlerinin de günümüz şartlarına göre iyileştirilmesi ve güncel olması gerekmektedir. Sahte kimlik saldırıları, IoT' de ağ katmanında kayıplı ağlarda yönlendirme protokolünde (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Network, RPL) yer almaktadır. Sahte kimlik saldırıları türünde düğümlerin sinyal gücüne bağlı saldırı tespitleri, en yaygın kullanılan ve önerilen yöntemlerdendir. Kaynak kısıtlı olan IoT cihazlarında, enerji korunumu ve düşük işlem yükü önemli hususların başında gelmektedir. Özellikle saldırı tespitinde kullanılan klasik yöntemler, saldırıların tespiti ve önlenmesinde yetersiz kalabilmektedir. Bu çalışmada, düğümlerin paket dağıtım oranları ve makine öğrenmesi yaklaşımlarından Naive-Bayes, Random Forest ve Lojistik Regresyon ile sahte kimlik saldırılarının tespiti önerilmiştir. Sahte kimlik saldırıları, klasik yöntemlere kıyasla daha yüksek başarımlı oranı (99.51% doğruluk) ile tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Nesnelerin İnterneti, RPL, Sahte Kimlik Saldırıları.

Detection of Sybil Attacks in IoT with Machine Learning Methods

Abstract

Internet of Things (IoT) devices are increasing their usage rates with advances in the wireless sensor networks. All IoT devices are connected to themselves with a heterogeneous network. Thus, they are also rather vulnerable to external attacks. Many routing protocol attacks have been described until now and continue to expand and diversify. Therefore, the recommended detection and prevention methods should be updated and improved according to today's condition. Sybil attack is a kind of the Routing Protocol for Low-Power and Lossy Network (RPL) attacks in IoT. The attack detection based on the signal strength of the nodes in Sybil attacks are one of the most commonly used and recommended approaches. In particular, classical methods that used to detect and prevent attack may not be appropriate for attack detection. The most critical problems in resource constrained IoT systems are energy consumption and heavy computational cost. In this study, packet distribution rates and machine learning approaches such as Naive Bayes, Random Forest and Logistic Regression have been proposed for the prediction of Sybil attacks on RPL protocol in IoT networks. The Sybil attacks have been detected with 99.51% accuracy rate and this result is higher than classical methods for Sybil attack detection.

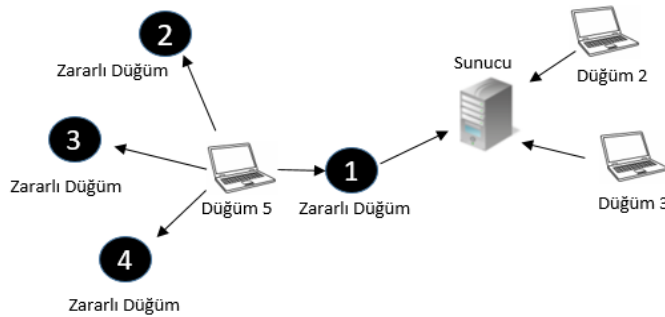
Keywords: Internet of Things, RPL, Sybil Attacks, Wireless Sensor Networks.

1. Giriş

İnternete erişimin daha kolay olduğu günümüzde teknolojik gelişmeler ile birlikte adından söz ettiren Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT), ilgi duyulan bir kavram olmaya devam etmektedir. Kısa menzil ve kablosuz bağlantı özelliği ile cihazlarda kullanıma sunulan bu teknoloji; giyilebilir cihazlarda, akıllı evlerde, e-sağlıkta, akıllı şehir alt ve üst yapılarında, akıllı endüstriyel uygulamalarda, lojistik, eğitim, turizm ve ticaret gibi birçok alanda dikkate değer uygulamaları ile karşımıza çıkmaktadır. IoT’ de elektronik cihazlar, bünyesinde bulundurduğu algılayıcılar ile verileri alır ve analizini gerçekleştirebilir. Sunucu etrafında yer alan cihazlar insan etkileşimi olmadan birbirleri ile haberleşebilmektedir [1], [2]. Özellikle akıllı telefon teknolojisindeki gelişmelerin yanı sıra algılayıcıların cihazlara entegre edilmesi, mobil cihazlarla iletişimi kolay hale getirip farklı nesnelere IoT’ nin bir parçası haline getirmektedir [3]. Her bir algılayıcı, sıcaklık, nem, ışık şiddeti gibi her türlü nicel özelliği diğer cihazlara ve kullanıcılara aktarabilmektedir. Ancak kaynak kısıtlı olması ve sınırlı işlem kapasiteleri, bu cihazları hassas hale getirmektedir [4].

Dünya üzerindeki son kullanıcıya yönelik saldırılar ve sistemleri aksatmaya neden olan kitlesel eylemler, IoT için de büyük tehdit oluşturmaktadır. En hassas yönü enerji olan bu nesnelere çeşitli saldırılarla etkisiz kılmak çok zor olmamaktadır. Ağ teknolojilerinde önemli çözüm teknolojileri sunan IEEE ve IETF, büyük bir yapıya ulaşacak IoT ortamının işlevsellik ve standardizasyon sorunlarına çözüm için öneriler sunmaktadır [5]-[7]. 2020 yılı itibariyle milyarlar ile ifade edilen düğüm sayısı için yetersiz kalacak olan IPv4 standardı yerine IoT ortamında IPv6 adresleri kullanılmaktadır. Enerji korunumu dikkate alındığında IETF tarafından Düşük Enerjili Kablosuz Kişisel Alan Ağları için IPv6 (IPv6 Over Low-Power Wireless Personal Area Networks, 6LoWPAN) bulunmuştur [6]-[8]. Veri bağlantı katmanı ile ağ katmanı arasında adaptasyonu sağlayan 6LoWPAN’ ın bir parçası olan Düşük Enerjili ve Kayıplı Ağlar (Low-Power and Lossy Networks – LLNs) için Yönlendirme Protokolü (Routing Protocol for LLN, RPL) ile internet bağlantısı sağlanırken ağ katmanının daha verimli kullanılması için standartlaştırılmıştır [9].

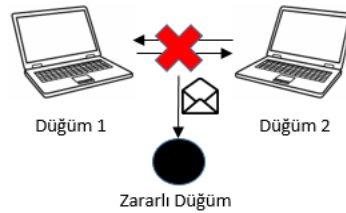
IoT’ de yönlendirme protokolü RPL’ de ve 6LoWPAN’ da gerçekleştirilecek saldırı türlerinden biri olan Sahte Kimlik Saldırısı (Sybil Attack) bu çalışmada ele alınmıştır. Sahte Kimlik Saldırısı türünde zararlı düğüm, kendini komşu düğümlere birçok kimlik ile tanıtarak üzerine gelen paketleri onlara yönlendirir. Saldırıdan habersiz olan normal düğüm, kimlik değiştiren zararlı düğümden gelen paketi başka düğümden geliyormuş gibi algılar. Ağ içerisinde bu şekilde yönlendirilen paketler ağ trafiğini etkileyerek düğümlerin paket gönderip-almasını engelleyebilmektedir. Bir diğer etkide ise gerçek olan paket yerine sahte kimlikler tarafından oluşturulan paketler kök düğüme (sink node) toplanarak ağda iletilmesi gereken gerçek bilgi yerine sahte bilgiler ile ağın sürekliliğini ve kararlılığını bozabilmektedir [5]. Şekil 1’ de 1 numara ile gösterilen düğüm sahte kimlik saldırısını yapan zararlı düğüm iken 2, 3 ve 4 numaralı düğümler ise zararlı düğümlerin sahte kimlikler ile oluşturduğu kopya düğümleri ifade etmektedir.



Şekil 1. Sahte Kimlik Saldırısını Gerçekleştiren Zararlı Düğümler

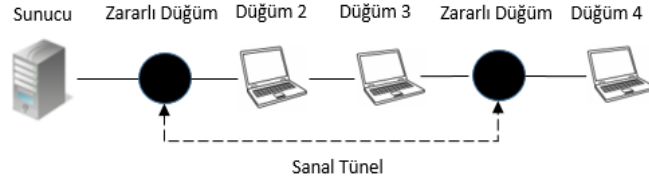
IoT’ de yönlendirme protokolü RPL’ de ve 6LoWPAN’ da gerçekleştirilecek diğer saldırı türleri şu şekilde ifade edilebilir:

- Seçerek Yönlendirme Saldırısı: Normal düğüm gibi davranan zararlı düğüm, Şekil 2’ de verildiği gibi ağ topolojisi içerisinde düğümler arası iletilen paketlerin iletilmesini engelleyebilir, gerektiğinde ağ ortamından paketleri düşürebilir. Bunun sonucunda düğümler arası gönderilen paketler ağ içerisinde yayılmamaktadır [10].



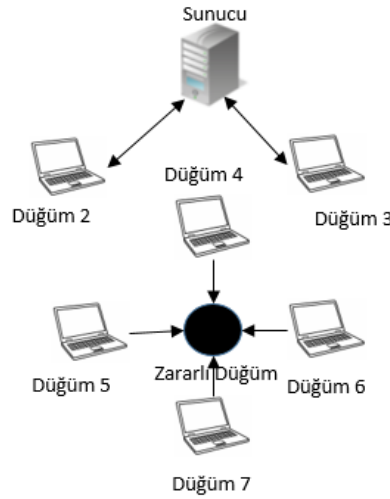
Şekil 2. RPL’ de Seçerek Yönlendirme Saldırısı

- Solucan Deliği Saldırısı: Zararlı düğüm, ağda oluşturduğu iletim yönünden düşük hızda bir tünel yoluyla paketi bir noktadan diğerine iletir [11]. Şekil 3' te gösterildiği gibi zararlı düğümler sanal tünel oluşturarak paketin normal akışını değiştirmektedir.



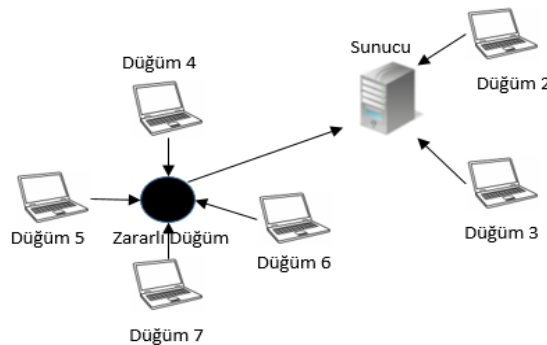
Şekil 3. RPL' de solucan deliği saldırısı

- Hello Taşkını: Servis aksatma saldırısının (DDOS) özellikleri görülmektedir. Bir algılayıcı ağda yönlendirme protokolü kendisinin var olduğunu komşu düğümlere belirtmek için kök düğüm gibi davranarak “Hello” mesajı yayınlar. Bu mesajı alan bir düğüm, kaynak düğümün iletişim mesafesi içinde olduğunu varsayarak bu kaynak düğümü komşuluk listesine ekleyebilir. Bunun sonucunda kaynakların tüketimi ile birlikte ağın işlevselliği yitirilebilir ve hizmetler aksayabilir [12]. Zararlı düğüm kendine komşu düğümlerin mesajlarını kendi üzerine yönlendirerek kök düğüm gibi davranmaktadır (bkz. Şekil 4).



Şekil 4. RPL' de Hello taşkını saldırısı

- Çukur Saldırısı: Zararlı düğüm, Şekil 5' te görüldüğü gibi ağ trafiğine etki etmek için paketleri belirli bir bölgeye ya da düşük maliyetli bir düğüm üzerine yönlendirerek bir çukur oluşturur [13]. Belirli düğümler üzerine yönlendirilen mesajlar kaynak kısıtlı olan düğümü işlevsiz kılabilir.



Şekil 5. RPL' de çukur saldırısı

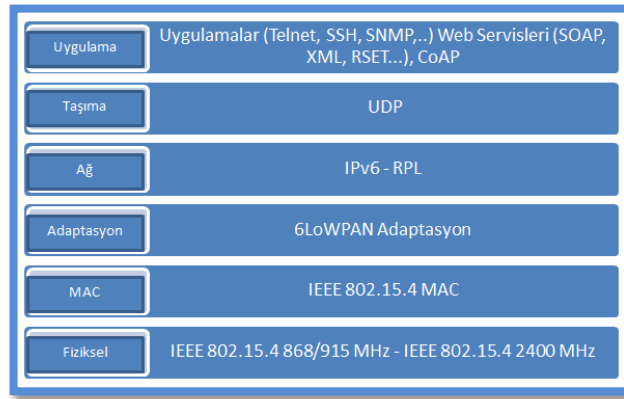
Ağa saldırı gerçekleştiren zararlı düğümün simülasyon ortamında gösterimini sağlayan birçok işletim sistemi ve simülasyon yazılımı bulunmaktadır. Contiki işletim sistemi Cooja simülatörü [14], IoT için kullanılan en son yazılımlardan olup içeriğine birçok farklı türde düğüm ekleme ve düğümler arası zamana bağlı haberleşmede paketlerin görüntülenmesini sağlayan yazılım türüdür. Simülasyon sonucu elde edilen veriler, Saldırı Tespit Sistemi (Intrusion Detection System, IDS) için yöntemler geliştirmeye yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmada, Contiki-Cooja simülatörü kullanılarak düğümlerin paket dağıtım oranları ve makine öğrenmesi yaklaşımlarıyla sahte kimlik saldırılarının tespiti önerilmiştir. Sahte kimlik saldırıları, önerilen yöntem ile klasik yöntemlere kıyasla daha yüksek başarımla tespit edilmiştir.

2. Nesnelerin İnterneti (IoT) Teknolojileri ve RPL

2.1. IoT ve 6LoWPAN

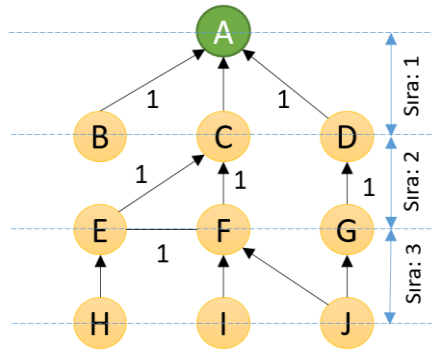
IoT, en yalın hali ile bir ağ topolojisi içerisinde heterojen nesnelerin birbirleri ile haberleşmesi olarak ifade edilebilir. IoT nesnelere (mobil cihazlar) elektronik temelli nesnelere olduklarından kısıtlı seviyede işlemci, bellek ve çalışmaları için gerekli enerji kaynaklarına (batarya vb.) sahiptirler. Dış ortamda bulunan verileri alma, analiz etme, paylaşma ve depolama gibi özellikleri ile geniş kullanım alanlarında faaliyet göstermektedirler. Yakın gelecekte kullanım alanlarının artmasıyla sayıları 50 milyarı bulacak IoT cihazları için yetersiz kalacak olan IPv4 adresleri yerine IPv6 adresleri kullanılmaktadır. Bu sebeple, kaynak kısıtlı olan bu nesnelere için düşük enerjili kablosuz kişisel alan ağlarında - 6LoWPAN [15], [17] IPv6 adreslerinin kullanılması zorunlu görülmektedir. Ortam erişim kontrolü (Media Access Control, MAC) ile ağ katmanı arasında yer alan bu adaptasyon katmanı Şekil 6' da verilmiştir. 6LoWPAN, çalışmanın da temeli olan RPL yönlendirme protokolü ile veri bağlantı katmanı arasında önemli bir yere sahiptir. En önemli özelliği ise IEEE 802.15.4 [16] standardına uygun olarak aynı anda birden fazla nesnenin haberleşmesini ve bunu da daha az işlem gücü, bellek kullanımı ve karmaşıklık hesabı ile gerçekleştirebilmesidir.



Şekil 6. 6LoWPAN Katman ve Protokol Yapısı [15]

2.2. RPL

RPL, kısıtlı enerjiye sahip ve hata seviyesi fazla olan ağlar için IPv6 yönlendirme protokolüdür [5] ve dinamik olarak kök düğüm ile normal düğümler arası yolları bulmak için yönlendirme protokolleri kullanarak ağın yapılandırılmasını sağlamaktadır. RPL, 6LoWPAN' da ki düğümler arasında hedefe yönelik yönlendirilmiş döngüsel olmayan bir grafik (Destination Oriented Directed Acyclic Graph, DODAG) oluşturur. Böylelikle 6LoWPAN cihazları arasında ve kök düğüm arasındaki veri trafiğinde meydana gelebilecek karmaşıklık engeller. DODAG içerisinde yer alan düğümler kök dizinden aşağı yönlü bir ağaç düzenine benzer şekilde her düğüm belirli bir konuma ve sıraya sahiptir. Sıralar kök düğümden aşağı doğru artarken, aşağıdan kök düğüme doğru azalmaktadır. Şekil 7' de RPL' de DODAG yapısı gösterilmiştir. Burada A düğümü kök, B-J düğümleri ise DODAG yapısını oluşturan diğer düğümleri ifade etmektedir.

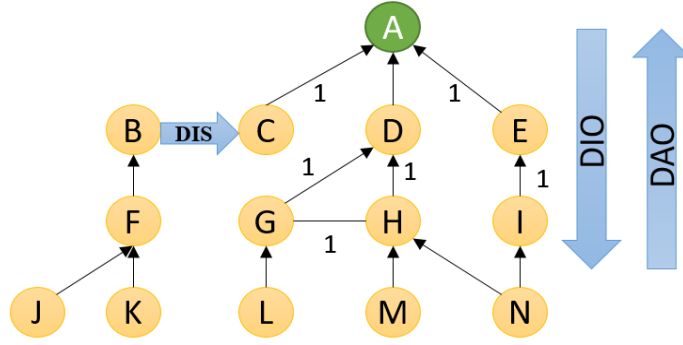


Şekil 7. RPL' de DODAG Yapısı

A düğümden aşağı yönlü bir dizilim incelendiğinde B, C ve D düğümleri 1. sırada, E, F ve G düğümleri 2. sırada, son olarak H, I ve J düğümleri ise 3. sırada DODAG içerisinde yerini almıştır. Örnek olarak E düğümünü inceleyelim; C, F ve H düğümleri ile komşu durumundadır. C düğümü ise tercih edilen ebeveyn pozisyonundadır.

A kök düğümü başlangıç alındığında B, C ve D düğümlerinin konumları itibari ile seviyeleri (rank) 1, E, F ve G düğümlerinin seviyeleri 2, H, I ve J düğümlerinin seviyeleri ise 3 olarak ifade edilmektedir. G düğümü incelendiğinde D düğümü ebeveyn, E ve F

düğümüleri ise kardeşdir. RPL yönlendirme protokolü ağ topolojisinin varlığını sürdürebilmesi için birtakım mesajlar yayımlar. Şekil 8’ de DODAG içerisinde yayınlanan mesajlar gösterilmiştir.



Şekil 8. DODAG içinde DIO, DAO ve DIS Mesajları

RPL protokolünde kullanılan ana kavramlar;

DIO (DODAG Bilgi Nesnesi (Information Object)): Bu mesaj kök düğüm tarafından ağa gönderilir. Yeni düğümleri keşfetmek, çeşitli konfigürasyonları iletmek ve ağ topolojisi içinde iletişim kurmak için kullanılır. Herhangi bir düğüm DIO mesajını alırsa, gelen düğümün bulunduğu sıra numarasını ve metrik değerlerini de dikkate alarak ebeveyn-çocuk ilişkisi belirlenir.

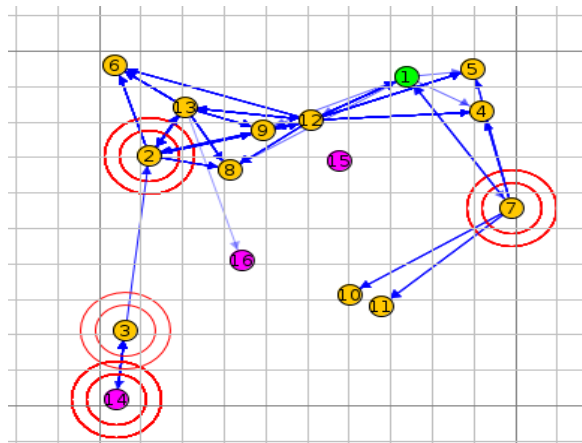
DIS (DODAG Bilgi İsteme (Information Solicitation)): DODAG ağına dâhil olmayan dışarıda yer alan bir düğüm DIS mesajı yayımlayarak ağa katılım isteği gönderir.

DAO (Destination Advertisement Object, Hedef İlan Nesnesi): Çocuk düğüm tarafından ebeveyne gönderilir. Bu mesaj, çocuğun DODAG yapısına katılım isteğine izin verme olarak ifade edilebilir. DAO-ACK ise kök veya ebeveynden gelen Evet ya da Hayır yanıtını içerir.

3. Uygulama

Literatürde klasik yöntemlere kıyasla makine öğrenme temelli algoritmalar ile daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada, kaynak kısıtlı olabilecek düğümlerin işlem yükü ve hafıza kapasiteleri de dikkate alınarak makine öğrenme yöntemleri ile sahte kimlik saldırısının tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmada aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

- Şekil 9’ da gösterildiği gibi Sink mote tipinde 1 kök düğüm, 12 normal düğüm ve sahte kimlik saldırısı gerçekleştirecek 3 zararlı düğüm kullanılarak Contiki-Cooja simülasyon ortamında ağ kurulmuş ve 10 saat çalıştırılmıştır.



Şekil 9. Contiki-Cooja Simülatorü Ağ Topolojisi

- Python yazılımı ile “.csv” uzantılı ham veriler, “.xlsx” formatına dönüştürülmüş ve düğümler arası paket gönderimi ve alımında kullanılan Tx (Radio Transmission) ve Rx (Radio Reception) özellikleri saldırı tespitinde kullanılmak üzere seçilmiştir.
- Veri ön işleme ve özellik seçimi sonrası elde edilen veriler kullanılarak Naive-Bayes, Random Forest ve Lojistik Regresyon makine öğrenme algoritmaları ile sahte kimlik saldırısı tespiti yapılmıştır.

- d. Paket Dağıtım Oranı (Packet Distribution Ratio, PDR) dikkate alınarak “izleme - monitoring” yöntemi ile kullanıcıya saldırı durumunda “alarm - alert” verilmiştir.

Contiki-Cooja Simülatorü Action Script Editor aracı ile elde edilen paket dağıtım oranı ve zararlı düğüm numarasını (mote ID) içeren görüntü kesiti Şekil 10’ da verilmiştir.

```
Paket Dağıtım Anlık 0.9887640449438202 recv 88 sent 89
Uretilen Paket Sayisi 89
Alinan Paket Sayisi 88
Paket Dağıtım Oranı98.87640449438202
ReceiverID 1---SenderID 12 PRR 1
Paket Dağıtım Anlık 0.9888888888888889 recv 89 sent 90
Uretilen Paket Sayisi 90
Alinan Paket Sayisi 89
Paket Dağıtım Oranı98.88888888888889
ReceiverID 1---ReceiverID 1---SenderID 10 PRR 1
Paket Dağıtım Anlık 0.9782608695652174 recv 90 sent 92
Uretilen Paket Sayisi 92
Alinan Paket Sayisi 90
Paket Dağıtım Oranı97.82608695652173
ReceiverID 1---ReceiverID 1---Alarm Zararlı Duğum ID: 8
Tespit edilen toplam 24
ReceiverID 1---ReceiverID 1---SenderID 13 PRR 1
Paket Dağıtım Anlık 0.9479166666666666 recv 91 sent 96
Uretilen Paket Sayisi 96
Alinan Paket Sayisi 91
```

Şekil 10. Sahte Kimlik Saldırısı ve Paket Dağıtım Oranı

Sahte kimlik saldırısı gerçekleştiren düğüm, ağa dâhil olduktan ve DODAG yapısı oluşturduktan sonra ağ trafiğini etkilemeye başlamaktadır. Ağda üretilen paket sayısı ile düğümler tarafından alınan paket sayısının birbirine oranı normal şartlarda 1’ dir, 1’ den küçük olması ağda paket kaybı olduğunu ve ağ topolojisinde bir saldırı durumunun söz konusu olduğunu ifade eder. Şekil 10’ da anlık olarak verilen bazı veriler incelendiğinde zararlı düğüm ağı etkilemeye başladıktan sonra paket dağıtım oranında azalma meydana gelmiştir. İzleme yöntemi kullanılarak ağda saldırı gerçekleştiren düğüme ait kimlik bilgisi (mote ID) de ayrıca tespit edilmiştir.

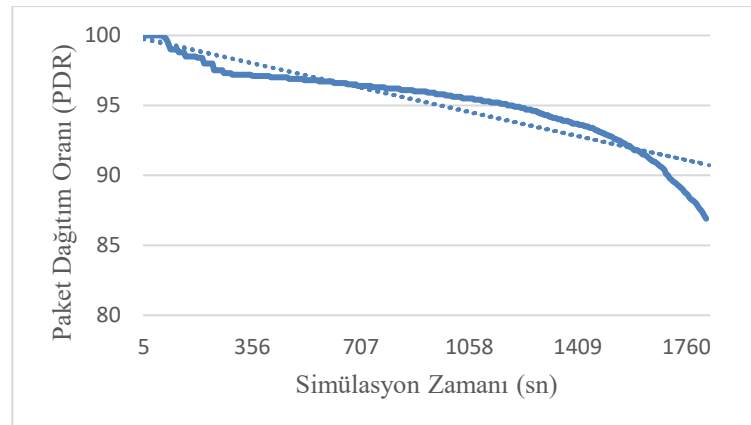
4. Sonuçlar

Makine öğrenme yöntemlerinden Naive-Bayes, Random Forest ve Lojistik Regresyon kullanılarak yapılan sahte kimlik saldırısı tespitinde elde edilen sonuçlar Tablo 1’ de verilmiştir. En iyi başarıyı %99,51 ile Naive Bayes algoritması, en kötü başarıyı ise %96,12 ile Lojistik Regresyon algoritması göstermiştir.

Tablo 1. Makine Öğrenme Algoritmalarının Performans Karşılaştırması

Algoritma	Doğruluk Oranı
Naive-Bayes	% 99,10
Random Forest	% 99,51
Lojistik Regresyon	% 96,12

Düğümün konum ve paket dağıtım oranları, sahte kimlik saldırı tespitinde kullanılan diğer bir yöntemdir. İzleme yöntemi adı verilen bu tespit sisteminin, simülasyon başlangıcından itibaren ilk 1800 saniyelik veri analiz sonuçları Şekil 11’ de verilmiştir. PDR azalış eğilimi gösteren grafikte en düşük değer %86,9 olarak elde edilmiştir.



Şekil 11. Saldırı Başlangıcı Sonrası PDR Değeri

5. Değerlendirme

Literatür incelendiğinde, sahte kimlik saldırı türü için saldırı tespit ve önleme yöntemi olarak rastgele anahtar dağıtımı, sinyal gücü, yer ve kod doğrulama yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler düğümler üzerindeki işlem yükünü arttırdığı gibi enerji tüketimlerini de etkilemektedir.

Dhamodharan vd. [18] çalışmalarında NS-2 simülatörü kullanarak kural tabanlı bir çözüm önermişlerdir. AODV protokolüne dayalı bir ağ oluşturulup mesaj kimlik doğrulaması ile sahte kimlik saldırısı tespiti gerçekleştirilmiştir. Sherasiya vd. [19] sahte kimlik saldırılarına karşı düğümlere ait sinyal uzunluğu hesabı (RSSI) ile belirledikleri sabit uzunluk değerini karşılaştırarak saldırı tespiti gerçekleştirmişlerdir. Dhanalakshmi vd. [20] çalışmalarında iki yöntem olan RAI - LVT tekniklerini NS-2 simülatöründe uygulayarak sahte kimlik atak tespitini %88 oranında başarı ile gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışmada, sahte kimlik saldırılarını tespit etmek için Naive-Bayes, Random Forest ve Lojistik Regresyon makine öğrenme yöntemleri kullanılmış ve en yüksek başarı oranı %99,51 ile Random Forest algoritması ile elde edilmiştir. Bu çalışmada yüksek doğrulukla tespiti gerçekleştirilen sahte kimlik saldırılarının önlenmesi bir sonraki çalışmada hedeflenmektedir.

Kaynakça

1. Tahsien, S. M., Karimipour, H., & Spachos, P. (2020). Machine learning based solutions for security of Internet of Things (IoT): A survey, *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 161.
2. Abane, A., Muhlethaler, P., Bouzeffrane, S., & Battou, A. (2019). Modeling and Improving Named Data Networking over IEEE 802.15.4. *2019 8th International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wired and Wireless Networks (PEMWN)*, Paris, France, pp. 1-6, doi: 10.23919/PEMWN47208.2019.8986906.
3. Alaba, F. A., Othman, M., Hashem, I. A. T., & Alotaibi, F. (2017). Internet of Things security: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*.
4. Meghdadi, M., Özdemir, S., & Güler, İ. (2010). Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Güvenlik: Sorunlar ve Çözümler. *Bilişim Teknol. Derg.*, vol. 1, no. 1, pp. 35-41.
5. Arış, A., Oktuğ, S., & Yalçın, S. B. Ö. (2015). Nesnelerin İnterneti Güvenliği: Servis Engelleme Saldırıları. *23th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 1-4.
6. Le, A., Loo, J., Lasebae, A., Vinel, A., Chen, Y., & Chai, M. (2013). The impact of rank attack on network topology of routing protocol for low-power and lossy networks. *IEEE Sens. J.*, vol. 13, no. 10, pp. 3685-3692.
7. Shelby, Z., & Bormann, C. (2011). 6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet. vol. 43. New York, NY, USA: Wiley.
8. Hui, J., & Thubert, P. (2011). Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks. RFC 6282 (Proposed Standard), Internet Engineering Task Force.
9. Le, A., Loo, J., Lasebae, A., Vinel, A., Chen, Y., & Chai, M. (2013). The impact of rank attack on network topology of routing protocol for low-power and lossy networks. *IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3685-3692. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2266399>.
10. Kaplantzis, S., Shilton, A., Mani, N., & Sekercioglu, Y. A. (2007). Detecting selective forwarding attacks in wireless sensor networks using support vector machines. *In Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information, 3rd International Conference on*, pages 335-340.
11. Khan, F., Shon, T., Lee, T., & Kim, K. (2013). Wormhole attack prevention mechanism for RPL based LLN network. *Fifth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pp. 149-154.
12. Wallgren, S. R. L., & Voigt, T. (2013). Routing Attacks and Countermeasures in the RPL-Based Internet of Things. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 2013, p. 11.
13. Weekly, K. & Pister, K. (2012). Evaluating sinkhole defense techniques in RPL networks. *20th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP)*, pp. 1-6.
14. Contiki, (2015). Contiki: The Open Source Operating System for the Internet of Things. <http://www.contiki-os.org/>, E.T. 19.01.2020.
15. Colina, A. L., Vives, A., Bagula, A., Zennaro, M., & Pietrosemoli, E. (2015). *IoT in 5 days*.
16. *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 15.4: Low Rate Wireless Personal Area Networks, (2011)*. IEEE Std. 802.15.4-2011.
17. Demir, B., Ayrancıoğlu, G., Gezer, C., & Gözüaçık, N. (2016). *6LoWPAN Kullanan Bir Algılayıcı Ağ Sistemi A Wireless Sensor Network System Using 6LoWPAN*. Elektrik-Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı (ELECO 2016).
18. Dhamodharan, U. S. R. K., & Vayanaperumal, R. (2015). Detecting and preventing sybil attacks in wireless sensor networks using message authentication and passing method. *The Scientific World Journal*, 2015:7.
19. Sherasiya, T., & Upadhyay, H. (2016). Intrusion Detection System for Internet of Things. no. 3, pp. 2395-4396.
20. Dhanalakshmi, T. G., Bharathi, N., & Monisha, M. (2014). Safety concerns of Sybil attack in WSN. *International Conference on Science Engineering and Management Research, ICSEMR 2014*.



Education Problems and Access to Technology of Syrian Refugee Students and Suggestions for Solution: The Case of Konya-Selçuklu

Prof. Dr. Orhan Çoban^{1*}, Dr. Mustafa Kartal², Dr. Seyit Taha Ketenci³, Öğr. Gör. Ayşe Çoban⁴

¹ Gaziantep University, Department of Logistic, Gaziantep, Turkey, ocoban@gantep.edu.tr, (ORCID ID: 0000-0001-6137-8937)

² Selçuk University, Department of Business, Konya, Turkey, mkartal@selcuk.edu.tr, (ORCID ID: 0000-0002-5404-5365)

³ Selçuk University, Department of Economics, Konya, Turkey, stk@selcuk.edu.tr

⁴ Gaziantep University, Department of Logistic, Gaziantep, Turkey, acoban@gantep.edu.tr, (ORCID ID: 0000-0002-7844-7633)

(First received 5 July 2020 and in final form 15 September 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.838994)

ATIF/REFERENCE: Çoban, M., Kartal, M., Ketenci, S. T. & Çoban, A. (2020). Education Problems and Access to Technology of Syrian Refugee Students and Suggestions for Solution: The Case of Konya-Selçuklu. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 537-541.

Abstract

In this study; it is aimed to identify the educational problems of Syrian refugee students and to develop solutions for them. A questionnaire was created to identify the educational problems of Syrian Refugee students. In addition to demographic evaluations, the questionnaire consisted of a 5-point Likert-type scale. In the application of the questionnaire, the Syrian refugee students studying in the high schools operating in the Selçuklu district of Konya were taken into consideration. In this context, correspondences were made with Selçuklu District National Education Directorate and Konya Provincial National Education Directorate and necessary permissions were obtained for Questionnaire Collection. Information on Syrian refugee students in the region subject to the field study was obtained from Selçuklu District National Education Directorate. According to this, it was found that 199 students were enrolled in 35 high schools in Selçuklu district and 194 of them were attending school. The questionnaires applied to these students were evaluated and 139 of these forms were taken into consideration in the analyzes. SPSS 22.0 version statistical package program was used for the evaluation of the questionnaire forms. Within the scope of the study, Syrian students stated that they can easily reach to educational institutions in Turkey. However, they stated that not knowing Turkish well had a negative effect on education. On the other hand, almost half of the students emphasized that they wanted to return to their countries if the war in Syria ended. 29% of students have demonstrated that they want to stay in Turkey. Indeed, 42% of students stated that they did not want to go to a country other than Turkey.

Key Words: Syrian Refugee Students, Education Problems, Konya-Selçuklu Case.

Suriyeli Mülteci Öğrencilerinin Eğitim Sorunları ve Teknolojisine Erişim ve Çözüm Önerileri: Konya-Selçuklu Örneği

Öz

Bu çalışmada; Suriyeli mülteci öğrencilerin eğitim sorunlarının belirlenmesi ve bunlara yönelik çözümlerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Suriyeli Mülteci öğrencilerin eğitim sorunlarını belirlemek için bir anket oluşturulmuştur. Anket, demografik değerlendirmelere ek olarak 5'li Likert tipi bir ölçekten oluşmaktadır. Anket uygulamasında Konya'nın Selçuklu ilçesinde faaliyet gösteren liselerde öğrenim gören Suriyeli mülteci öğrenciler dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, Selçuklu İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü ve Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü ile yazışmalar yapılmış ve Anket Toplama için gerekli izinler alınmıştır. Saha çalışmasına konu olan bölgedeki Suriyeli mülteci öğrencilerle ilgili bilgiler Selçuklu İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü'nden alınmıştır. Buna göre Selçuklu ilçesindeki 35 lisede 199 öğrencinin kayıtlı olduğu ve bunlardan 194'ünün okula devam ettiği belirlenmiştir. Bu öğrencilere uygulanan anketler değerlendirilmiş ve bu formlardan 139'u analizlerde dikkate alınmıştır. Anket formlarının değerlendirilmesinde SPSS 22.0 sürüm istatistik paket programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Suriyeli öğrenciler Türkiye'deki eğitim kurumlarına kolaylıkla ulaşabildiklerini ifade etmişlerdir. Ancak Türkçeyi iyi bilmemenin eğitimi olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Öte yandan öğrencilerin neredeyse yarısı Suriye'deki savaşın bitmesi durumunda ülkelerine dönmek istediklerini vurgulamışlardır. Öğrencilerin %29'u Türkiye'de kalmak istediklerini ortaya koymuşlardır. Nitekim öğrencilerin % 42'si Türkiye dışında bir ülkeye gitmek istemediklerini belirtmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Suriyeli Mülteci Öğrenciler, Eğitim Sorunları, Konya-Selçuklu Örneği

* This study was supported by Selçuk University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project Number: 18401094).

* Corresponding Author: Dr. Mustafa Kartal, Selçuk University, Department of Business, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5404-5365, mkartal@selcuk.edu.tr

1. Introduction

The civil commotions that started in Tunisia on December 17, 2010 and encountered in other Arab countries such as Egypt, Libya, Iraq, Lebanon and Syria are generally described as the Arab Spring in the literature (Sağsen, 2011). Marc Lynch used the term talked about for the first time in his article entitled "Is Obama's Arab Spring?" written on January 6, 2011 (Lynch, 2011). The civil commotion, called the "Jasmine Revolution" in Tunisia, with the resignation of Zeynel Abidin Bin Ali, who has been in power for 23 years, has also mobilized rival groups in other countries. However, the Arab Spring movement, based on basic values such as business, justice and freedom, has exacerbated substantial negations in many countries with the effect of political pressures and socio-economic underdevelopment. As a result of the conflicts between the government and the society, millions of people were sentenced to live in harsh conditions and hundreds of thousands of people died. Thus, progresses in Tunisia are regarded as the only successful example of the Arab Spring (Koçak, 2012: 23).

The first protests against the Bashar Assad governing started in the Dera region after the Syrian people, who complained about unemployment, bribery and political pressures, were affected by the events that started in Tunisia. This rebellion of the people who want to live under better conditions has spread throughout the country and prepared a ground for a civil war that will cause serious destruction (Duran, 2011: 507). The civil war and violence environment that started in Syria in 2011 and still ongoing caused millions of people to migrate to the country or to other countries and as of March 2018, a total of 353,900 people, including 106 thousand civilians, died. Moreover, it was reported that 56,900 people are still missing.

It was revealed that 6.1 million Syrians have been displaced within the country and 5.6 million Syrians are refugees, since 2011. According to the official figures announced; Turkey, with a total of 3.8 million people, including about 3.5 million Syrians under the temporary protection in the world and continues to be the largest number of countries hosting refugees (DW, 2018; UNHCR, 2018a). Children are leading of the groups that most affected by the migration mobility. According to estimates made, it is stated that approximately 1.5 million Syrian children face problems such as discrimination, sexual exploitation and not getting education, especially in psychological diseases in various countries of the world. In this context, it is stated that almost half of the refugee children of school age cannot receive education and these children who cannot receive education are considered as a lost generation. There is no doubt that a 'lost generation' with a low income and sense of exclusion, will lead to serious socio-economic problems. In this study; it is aimed to detected the educational problems of Syrian refugee students and to develop the solution suggestions.

2. The Term of Immigration and Turkey

A person or a group of people crossing an international border or going elsewhere within the borders of the state is defined as immigration. In this context, regardless of duration, structure and cause factors, displacement movements of people are evaluated as migration. The mobility in question can be based on voluntary or compulsory reasons. It is defined as immigration that people have to leave their places for reasons such as internal conflict or natural disaster. The most important causes of immigration are; loyalty to one of the members of the house, education, job change and job search. (TÜİK, 2011).

Migration mobility substantially affects the countries' economic, social, security, political, religious and economic structures. Moreover, international when a person crosses an international border international migration occurs and this can affect more than one country (GOC, 2017: 6-7; Directorate General of Migration Management, 2018a: 6-7).

The migration case is basically explained by three approaches. These approaches are; the benefit-cost approach, the push-pull force approach and the elite approach. In the benefit-cost approach; it is considered as human capital such as migration mobility, education and health expenditures. When people deciding the immigration, they consider the benefits and costs of immigration. Therefore, the fact that the return of the immigration is higher than its cost causes people to immigrate. The pushing-pulling approach is based on the pushing factors in the migrating region and the pulling factors in the migrant receiving region.

While factors such as rapid population growth, low employment opportunities, low income and security are listed as pushing factors; welfare and education are among the pulling factors. According to the approach being talked about; individuals often migrate to areas with greater economic opportunities. The elite approach is; demographic practices such as education, age, gender and marital status feature. Within the framework of the mentioned approach, it is stated that people who migrate are more elite than others (Bahar and Bingöl, 2010: 46-47).

Unemployment is among the main causes of immigration mobility. The unemployed person is more mobile than those employed in immigration. On the other hand, reasons such as high unemployment rate, population growth, terrorism and natural disasters, insufficient health and education opportunities, mechanization in agriculture are other reasons that increase the probability of migration. (Pissarides and Wadsworth, 1989; Gautam, 2005: 6; Çelik, 2006: 151-153; Markova, 2007: 2-8; Aktaş, 2015: 211; Eğilmez, 2015; Gerşil and Temel, 2015: 413).

Migration mobility from one region to another within intrastate is defined as domestic migration (Sağlam, 2006: 34). Structural transformation in Turkey's economy, led to an increase in domestic migration mobility since the 1950s. Individuals who became unemployed and had difficulties in making a living after the breakdown of the soil-population balance due to the acceleration of capitalism and mechanization in agriculture started to migrate to the cities. On the other side, the increase in security problems in Eastern and Southeastern Anatolia regions after 1980-1990 triggered forced migration; these migrations significantly influenced the socio-cultural structure of the region receiving migration (Tuzcu and Bademli, 2014: 58). External migration is the movement of migration to other countries by crossing a country border (Sağlam, 2006: 34). Due to the it's geographical position Turkey has been hosting mainly Syrian refugees in the border millions of people, including foreigners in recent years.

When the major migratory movements towards Turkey is analyzed, before and after the Republican period is observed that an intensive emigration movement towards Turkey in every period. Especially in the recent period there has been a strong increase in migration mobility as a result of problems in the country which borders with Turkey. Turkey after the civil war in Syria, which started in 2011 and is still ongoing is home to about 3.8 million Syrians. Moreover, it is worried that this number will increase even more if the war in question spreads to the Idlib region, where more than 2.6 million people live. According to the official figures announced; Turkey, with a total of 3.8 million refugees, including the great majority of Syrians received temporary protection coverage continues to be the largest number of refugees to the country that hosted the world (CFR, 2018; UNHCR, 2018b).

3. Data Set and Method

In this study, a questionnaire form was created in order to identify the Education Problems of Syrian Refugee Students. The questionnaire form consists of a 5-point Likert-type scale in addition to demographic evaluations. Syrian Refugee students studying in High Schools Operating in Selçuklu District of Konya Province were taken into consideration in the implementation of the Survey Form. Accordingly, it was found out that 199 students were enrolled in a total of 35 high schools in Selçuklu District and 194 of them attend school. The questionnaire forms applied to these students were evaluated and 139 of these forms were taken into consideration in the analysis. The statistical package program in SPSS 22.0 version was used to evaluate the questionnaire forms.

4. Analysis Results

In the Questionnaire Form, 6 items were taken into consideration for demographic evaluations and 20 items were used to determine the Education Problems. Cronbach's Alpha value was found to be 0,705 as a result of Reliability Analysis. In the literature, Cronbach's Alpha coefficient is between $0.8 > \alpha \geq 0.7$ in the 95% confidence interval and bilateral evaluations at the significance level of $p < 0.05$, it is expressed as an acceptable / moderately reliable value (Özdamar, 1999).

The identification of the educational problems of Syrian Refugee students has been addressed under three headings: "Problems Arising During the Migration Process", "Problems After Migration" and "Expectations Regarding the Future". In evaluating the results of the analysis, the highest valid percentages were taken into consideration.

"Problems Arising in the Immigration Process" are addressed under two headings: problems in terms of access to education and problems arising from psychological effects. 38% of the students who responded to the questionnaire stated that they could not continue their education in Syria due to the war and they definitely agree with the question that their education was interrupted. In this context, 19% of the respondents stated that they absolutely did not participate in this question. 30% of the respondents stated that they definitely agree with the question that their education was interrupted due to the developments in the migration process, while 26% stated that they did not agree. When the importance of migration on the education of my family members is examined, 28% of the students stated that they definitely agree with the question that migration has negative effects on the education of their family members. However, 26% of the students declared that they absolutely did not agree with it. According to the results related to the level of emotional impact on the Syrian students' failure to continue education, 31.6% of the participants stated that my inability to continue education definitely affects them emotionally; 8.8% responded that they disagreed. According to the results regarding the importance of the hope of continuing education, 33% of the Syrian students have stated that they are definitely very upset when their hopes of continuing their education decrease. On the other hand, 28.8% of the respondents stated that they were never exposed to the emotional effect in question.

"Problems After Migration" are discussed under the headings of economic insufficiency, problems arising from bureaucratic processes, problems arising from not speaking a language, problems arising from social cohesion, lack of physical infrastructure and access to education. Economic insufficiency is one of the most important situations that prevent the education of Syrian students. 35% of the students stated that they did not agree with the question that the necessary expenditures for their education could not be made because of the economic opportunities. 11.9% of them stated that they could not make the necessary expenses for their education. 42% of the students stated that I had to work because my family's economic situation was not good and therefore I had difficulties in continuing education and they did not agree with the problem in a similar way. On the other hand, 10.2% of the students answered that they absolutely agree. 25% of the students on the other hand, it's not reach their educational institutions for effective implementation of a process of adaptation was very difficult when we came to Turkey stated that they would definitely participate in the question. On the other hand, 16.2% of the participants stated that they absolutely agree with the question in question. According to the results for the cardinality of the lack of official documents, 44% of students, I could not continue my education in Turkey could not remain where I get my official document stated that they would definitely participate in the question. On the other hand, 13.2% of the participants think that this situation definitely affects them. When the findings of the importance level of the diversity of undergraduate programs, 23% of the participants to study in universities in Turkey, I need to retake the test, but my being successful in this exam because I trained in different programs have responded strongly disagree on the question, I think it would be very difficult. However, 22% of the respondents think that they will definitely encounter this type of obstacle. The fact that students do not know the language of their country can create a significant problem in terms of education. In this context, 29% of the students answered that I absolutely agree with the question that not knowing Turkish causes problems in terms of education and social life. On the other hand, 17% of the respondents stated that they did not agree with the situation. According to the results of the analysis of the importance of language insufficiency, 39% of the students stated that they had difficulty in the courses and exams because I do not know Turkish well; 14.7% of them stated that they absolutely disagree. Social exclusion can lead to a psychological effect and push Syrian students out of the field of education. 25% of students, social exclusion in Turkey were times I disagree neither agree nor to answer questions by giving expressed their indecision. At the same time, 24.1% of students argued that they were strictly excluded by society. Although the border of Turkey and Syria are neighbors to differ from each other in both cultures. The difference in question makes students' social cohesion difficult. When the level of importance of cultural diversity analyzed, 27% of students are involved in Turkey and I've had very little information due to adjustment problems because my question about Turkish culture. On the other hand, the rate of those who answered the question about social exclusion status

as strictly disagree was 24.3%. According to the results regarding the importance of the lack of a Turkish friend circle, 24% of the students neither agree nor disagree with the question of the absence of a Turkish friend. On the other hand, 23.1% of students think that the absence of a Turkish circle of friends definitely had no effect on social cohesion. One of the factors affecting the participation rates of Syrian students in education is Physical Infrastructure Deficiency and Problems Related to Access to Education. According to the results regarding the importance level of gender discrimination in the family structure, 54% of the students stated that there is absolutely no discrimination between girls and boys regarding their education in their families. The rate of those who claim that discrimination was definitely made in the said area was 14.4%. Class, etc. According to the findings regarding the significance level of the lack of physical infrastructure, 43.7% of the students stated that they did not have any difficulties in accessing education due to the lack of physical infrastructure such as class deficiency. On the other hand, 11.1% of the respondents think that the lack of physical infrastructure poses an obstacle to their education.

Technological developments have significantly changed the lifestyles of societies. In this context, the rapid spread of technology has also affected the structure of the education process, and a different perspective has been brought to the traditional education approach. Integration of educational activities with technology, especially computers, may increase the quality of education. Thus, the increasing quality of education will pave the way for the development of technology, increase in production and development of countries. It was investigated whether the educational activities of Syrian refugee students are supported by technological devices such as computers. When the answers received from the participants of the questionnaire were evaluated, the students stated that they received computer-aided education.

Today, whether Syrian refugees will return to their country is one of the most discussed topics. When "Future Expectations" were analyzed, 41% of the students stated that they definitely want to return to Syria if the war is over. In contrast, the proportion of students who stay in Turkey was realized as 8.3%. If the facility is found in the study to investigate the significance of the desire to remain in Turkey, 29% of students stated that they want to stay in Turkey. When the desire to go to another country is analyzed, the rate of those who definitely want to go to another country is 11.8%.

4. Conclusion and Evaluation

Structural transformation in Turkey's economy since the 1950s has led to an increase in internal migration mobility. The acceleration of capitalism and the deterioration of the soil-population balance with the effect of mechanization in agriculture are among the main factors that trigger internal migration mobility. In addition, the increase in security problems in the Eastern and Southeastern Anatolian regions after the 1980-1990 brought the phenomenon of forced migration to the agenda. On the other hand because of its geographical location has been found in Turkey in recent years it has been faced with a serious emigration process. In this context, approximately 5.6 million Syrians had to migrate to other countries by fleeing the civil war environment in their countries. According to the official figures announced; Turkey, with a total of 3.8 million Syrian refugees, including about 3.5 million temporary protection under the maximum number of refugees continues to be the country which hosts the world.

The solution suggestions developed in line with the findings obtained within the scope of the study will create beneficial results for the education of all refugee students, especially Syrian in general:

- Ending internal conflicts in the Middle East region and ensuring that refugees are returning to their own countries.
- Providing psychological support for people affected by forced migration, especially children.
- Determining the problems between refugees and local people and making effective decisions to solve these problems.
- Establish a school enrollment system for refugee students in countries with a refugee population.
- Providing social, social and cultural interaction among students who grew up in different cultures by organizing various activities.

References

- Aktaş, M. T. (2015). Ücret odaklı uluslararası işgücü hareketliliğin işgücü piyasalarına etkisi. *Tesam Akademi Dergisi*, 2 (2): 197-219.
- Bahar, O. ve Bingöl, F. K. (2010). Türkiye iç göç hareketlerinin istihdam ve işgücü piyasalarına etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15 (2): 43-61.
- CFR (2018). Global conflict tracker. https://www.cfr.org/interactives/global-conflictracker#!/conflict/civ_il-war-in-syria, Erişim Tarihi: 18.10.2018.
- Çelik, F. (2006). İç göçlerin itici ve çekici güçler yaklaşımı ile analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27, 149-170.
- Duran, H. (2011). Adana protokolü sonrası Türkiye-Suriye ilişkisi. *Ortadoğu Yıllığı 2011*, 501-518.
- DW (2018). Yedi yılda bir ülkenin çöküşü: Suriye. <http://www.dw.com/tr/yedi-yilda-bir-ulenin-çöküşü-suriye/a-42979799>, Erişim Tarihi: 19.10.2018.
- Eğilmez, M. (2015). Asgari ücretin artırılmasının olası sonuçları. <http://www.mahfiegilmez.com/2015/11/asgari-ucretin-artrilmasnn-olas-sonuclar.html>, Erişim Tarihi:19.10.2018.
- Gautam, T. R. (2005). Causes and impact of migration: A sociological study of emigration from kandebash, baglung, nepal. *Dhaulagiri Journal of Sociology and Anthropology*, 1.
- Gerşil, G. S. ve Temel, H. Y. (2015). Türkiye'de işgücü piyasaları açısından göç olgusu. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 16. *Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Kongresi Özel Sayısı*, 413-428.
- Göç İdaresi Genel Müdürlüğü (T.C. İçişleri Bakanlığı Göç İdaresi Genel Müdürlüğü). (2018a). Göç. Ankara: Göç İdaresi Genel Müdürlüğü Yayını.

- Göç İdaresi Genel Müdürlüğü (T.C. İçişleri Bakanlığı Göç İdaresi Genel Müdürlüğü). (2018b). Yıllara göre geçici koruma kapsamındaki Suriyeliler. http://www.goc.gov.tr/icerik6/gecici-koruma_363_378_4713_icerik, Erişim Tarihi: 18.10.2018.
- Koçak, A. K. (2011). Yasemin devrimi'nden "Arap baharı"na Tunus. *Yasama Dergisi*, 22, 22-61.
- Lynch, M. (2011). Obama's 'Arab spring'?" Foreign Policy Middle East Channel. http://mideast.foreignpolicy.com/posts/2011/01/06/obam_as_arab_spring, Erişim Tarihi: 10.11.2018.
- Markova, E. (2007) Economic and social effects of migration on sending countries: The cases of Albania and Bulgaria. <http://www.oecd.org/dev/38528396.pdf>, Erişim Tarihi: 11.11.2018.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi 1*. Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Pissarides, C. A. ve Wadsworth, J. (1989). Unemployment and the inter-regional mobility of labour. *The Economic Journal*, 99 (397): 739-755.
- Sağlam, S. (2006). Türkiye'de iç göç olgusu ve kentleşme, Hacettepe Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları (HÜTAD), 5, 33 – 44.
- Sağsen, İ. (2011). Arap baharı, Türk dış politikası ve dış algılaması. *Orta Doğu Analiz*, 3 (31/32), 57-64
- Türkiye İstatistik Kurumu (2011). Nüfus ve konut araştırması 2011. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=1067, Erişim Tarihi: 10.09.2018.
- Tuzcu, A. ve Bademli, K. (2014). Göçün psikososyal boyutu. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 6 (1): 56-66.
- UNHCR (2018a). Suriye acil durumu. <http://www.unhcr.org/tr/suriye-acil-durumu>, Erişim Tarihi: 19.10.2018.
- UNHCR (2018b). <http://www.unhcr.org/tr/18504-multeciler-ve-siginmacilara-koruma-saglamak-uzere-turkiyenin-desteklenmesi-icin-25-milyon-avro-destek.html>, Erişim Tarihi: 18.10.2018.

Annex

Annex- 1: Classification of Statistical Region Units (Level 2)

1. region/TR10	İstanbul	14.region/TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir
2.region/TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	15. region/TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat
3. region/TR22	Balıkesir, Çanakkale	16. region/TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın
4. region/TR31	İzmir	17. region/TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop
5. region/TR32	Aydın, Denizli, Muğla	18. region/TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya
6. region/TR33	Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak	19. region/TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane
7. region/TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	20. region/TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt
8. region/TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	21. region/TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan
9. region/TR51	Ankara	22. region/TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli
10. region/TR52	Konya, Karaman	23. region/TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari
11. region/TR61	Antalya, Isparta, Burdur	24. region/TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis
12. region/TR62	Adana, Mersin	25. region/TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır
13. region/TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	26.region/TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt

Source: TÜİK, 2017c.