

ÖZEL SAYI/SPECIAL ISSUE 29  
KASIM/NOVEMBER 2021

# EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi



E-ISSN 2148-2683

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

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

**Prof. Dr. Hüseyin TOROS**  
Editor

**Prof. Dr. Ahmet DOĞAN**  
Editor

**Editorial Board Members**

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

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

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

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

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

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

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

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

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





İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

- Yapay Sinir Ağları Kullanarak Kan Testi Sonuçlarının Sınıflandırılması ve Kullanıcı Ara Yüzünün Geliştirmesi*  
Rıza İLHAN, Büşranur GÜDAR  
Sayfa: 1 - 5
- Blokszincir Teknolojisinde İyileştirilmesi Gerekenler*  
Arif Furkan MENDİ  
Sayfa: 6 - 10
- Sağlık Alanında Karma Gerçeklik*  
Dilara DOÇAN, Tolga EROL, Arif Furkan MENDİ  
Sayfa: 11 - 18
- Nesnelerin İnterneti Saldırılarının Hibrit Öğrenme ve Özellik Seçimi Yöntemi Kullanılarak Tespiti*  
Gözde KARATAŞ BAYDOĞMUŞ  
Sayfa: 19 - 25
- Belirlenen Finansal Oranlar Üzerinde KNN Sınıflandırma Algoritması ile Finansal Risk Tahmini*  
Oğuzcan ULUDAĞ, Arif GÜRİSOY  
Sayfa: 26 - 29
- Trafo Merkezleri İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kontrol Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması*  
Sercan AYGÜN, Abdullah SEVİN  
Sayfa: 30 - 35
- Dağıtık Defter Teknolojileri ve Uygulama Alanları Üzerine Bir İnceleme*  
Emre ŞAFAK, Çağlar ARSLAN, Mesut GÖZÜTOK, Tacettin KÖPRÜLÜ  
Sayfa: 36 - 45
- İğnecik Dalga Biçimlerinin İyileştirilmiş Seyrek Temsillerinin Temel Takip Yaklaşımı Kullanılarak Elde Edilmesi*  
Görkem SERBES  
Sayfa: 46 - 51
- Makine Öğrenimi Yöntemleriyle Erken Evre Diyabet Tahmini*  
Özge Nur ERGÜN, Hamza O.İLHAN  
Sayfa: 52 - 57
- Jensen Shannon Mesafesi Temelli Uyarlanmış Bulanık C Ortalamalar Kümeleme Yöntemi*  
Naciye AYDIN, Gökhan KAYHAN  
Sayfa: 58 - 64
- PEM Yakıt Hücresi Akış Alanlarının Üç Boyutlu Modellenmesi*  
Hüseyin KAHRAMAN, İsmail ÖZGÜN  
Sayfa: 65 - 69
- Renk Uzayı Dönüşümlerinin Sperm Morfolojisinin Sınıflandırma Performansına Etkisi*  
Mecit YÜZKAT, Hamza O.İLHAN, Nizamettin AYDIN  
Sayfa: 70 - 75
- Neokorteksin Hücre Dışı Uyarılmasına Yönelik Çok Bölmeli Modelleme*  
Mahmut Emin ÇELİK  
Sayfa: 76 - 80
- Dört Değişkenli Doğrusal Tamsayılı Programlama Problemlerinin Çözümü İçin Yeni Bir Alternatif Algoritma*  
Kadriye ŞİMŞEK ALAN  
Sayfa: 81 - 86
- Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Prostat Kanseri Tümör Oluşumunun İncelenmesi*  
Nesrin AYDIN ATASOY, Ahmet DEMİRÖZ  
Sayfa: 87 - 92
- Doğrusal Tamsayılı Programlama Problemlerinin Çözümü İçin Yeni Alternatif Bir Algoritma*  
Kadriye ŞİMŞEK ALAN  
Sayfa: 93 - 98
- Bölge Büyütmeli ve Kümeleme Tabanlı Yöntemler ile 3 Boyutlu Nokta Bulutlarının Bölütlenmesi*  
Hüseyin BOZKURT, Rifat KURBAN  
Sayfa: 99 - 104

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

*Kıyafet Öneri Sistemi için Giyim Metaverilerine dayalı Temsil Öğrenimi*

Ahmet DÜNDAR, Arzu KAKIŞIM

Sayfa: 105 - 110

*Çene Cerrahisi Doku Yara Tedavisinde Kullanılacak Bir Mikroşerit Anten Tasarımı*

Zafer ALBAYRAK, Çetin KURNAZ

Sayfa: 111 - 116

*Kıyaslama Veri Kümelerinin Protein Yapı Tahminine Etkisi: Bir Kavram Çalışması*

Nuh AZGINOÇLU

Sayfa: 117 - 121

*Kötücül URL Filtreleme için Derin Öğrenme Modeli Tasarımı*

Recep Sinan ARSLAN

Sayfa: 122 - 128

*Histopatolojik Görüntüler Kullanarak Göğüs Kanseri Sınıflandırması İçin Özellik Birleştirmeye Dayalı Melez Bir Yöntem*

Emre DANDIL, Ali Osman SELVİ, Kerim Kürşat ÇEVİK, Mehmet Süleyman YILDIRIM, Süleyman UZUN

Sayfa: 129 - 137

*Yenilenebilir Enerjide Teknoloji Analizi*

Yunus Emre ÖZDEMİR, Metin YAVUZ

Sayfa: 138 - 143

*Mahremiyet-Farkında Bir Köken Yönetimi için Açık Köken Modelinin Zenginleştirilmesi*

Dilek YILMAZER DEMİREL, Özgü CAN

Sayfa: 144 - 149

*Yeni Bir CT Görüntüleri Veri Kümesi ile Derin Öğrenme Tabanlı Covid-19 Tespiti: EFSC-19*

Oğuzhan KATAR, Erkan DUMAN

Sayfa: 150 - 155

*Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması*

Yusuf Bahri ÖZÇELİK, Aytaç ALTAN

Sayfa: 156 - 167

*Derin Öğrenme Yöntemi ile İç Anadolu Bölgesi ve Çevresi Hava Kirliliği Tahmini*

Sümeyye AYDIN, Murat TAŞYÜREK, Celal ÖZTÜRK

Sayfa: 168 - 173

*Dijital Denekler*

Arif Furkan MENDİ, Dilara DOĞAN, Tolga EROL

Sayfa: 174 - 180

*Blokzincir Mimarisi ve Getirdiği Fırsatlar*

Arif Furkan MENDİ

Sayfa: 181 - 186

*Normalizasyon ve Standardizasyonun Nesnelerin İnterneti Saldırılarındaki Etkileri*

Gözde KARATAŞ BAYDOĞMUŞ

Sayfa: 187 - 192

*Ankara'da Blokzincir Tabanlı Arazi Kayıt Sistemi Kullanımı*

Arif Furkan MENDİ

Sayfa: 193 - 199

*Güneşlenme Süresi Karakteristiklerinin Diğer İklim Değişkenleri İle İlişkili Olarak Değerlendirilmesi*

Mine Tulin ZATEROGLU

Sayfa: 200 - 207

*Güneşlenme Süresinin Yağış Miktarı Ve Nisbi Nem İle İlişkili İstatistiksel Modelleri*

Mine Tulin ZATEROGLU

Sayfa: 208 - 213

*Dokunmatik Yüzeylerde Yerel Dokunsal Geri Bildirime Doğru: Piezo Yamalar Tarafından Çalıştırılan Titreşimli Bir Dokunmatik Ekranın Sonlu Elemanlar Analizi*

Nur Lara ALPDOĞAN, Mehmet AYYILDIZ

Sayfa: 214 - 218

- Zaman Serisi Tahmin Probleminin İmmün Plazma Programlama Kullanılarak Çözülmesi  
Sibel ARSLAN  
Sayfa: 219 - 224
- Taşınabilir ve Kablosuz EEG Cihazı Prototipi Tasarımı ve Gerçeklemesi  
Hasan BİTAR, Cengiz TEPE  
Sayfa: 225 - 230
- IoT Uygulamalarında Proje Geliştiriciler için Kablosuz İletişim Protokolleri  
Fatih TOPALOĞLU  
Sayfa: 231 - 236
- Çoklu Evrişimli Sinir Ağı Modelleri İle Bir Avuç İçi Damar Tanıma Yaklaşımı  
Felix Olanrewaju BABALOLA, Önsen TOYGAR, Yiltan BİTİRİM  
Sayfa: 237 - 242
- Güven Bölgesi Çerçevesi Tekniği ile MIMO Anten Dizisi Optimizasyonu ve SAR Hesaplaması  
Begüm KORUNUR ENGİZ, Ahmet TURGUT  
Sayfa: 243 - 247
- Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS Yöntemleriyle Tersanelerde İç Mekân Konumlandırma Teknolojisi Seçimi  
İbrahim ÇİL, Hilal KILINÇ, Ekrem ÖZGÜRBÜZ, Muharrem ÜNVER, Nalan ÖZKURT  
Sayfa: 248 - 254
- Türkiye'de Zeytin Sineğine (*Bactrocera Oleae*) Karşı Verilen Mücadelenin Etmen Tabanlı Modellenmesi ve Benzetimi  
Simge BABA, Şebnem BORA  
Sayfa: 255 - 258
- Farklı Donör-Alıcı Konfigurasyonları ile İmmün Plazma Algoritmasının Performans Analizi  
Sadat DURAKİ, Selçuk ASLAN, Sercan DEMİRCİ  
Sayfa: 259 - 263
- mm-Dalga Kanallarındaki Yol Kaybı Modelleri Üzerine Kısa Bir Derleme  
Nermin HAMDAN, Begüm KORUNUR ENGİZ  
Sayfa: 264 - 272
- LabVIEW Ortamını Kullanarak Yüksek Frekans Çözünürlüklü FIR Bant Geçiren Filtrenin FPGA Tasarımı  
Güner TATAR, Salih BAYAR, Ihsan CİCEK  
Sayfa: 273 - 277
- Stokastik İlişkisiz Paralel Makine Çizelgeleme Problemi için bir Matematiksel Model  
Mehmet ERTEM, Feriştah ÖZÇELİK, Tuğba SARAÇ  
Sayfa: 278 - 283
- Aktif Bozucu Bastırma Tekniğinin Teorik Açından İncelenmesi  
Deha EKER, Necdet Sinan ÖZBEK  
Sayfa: 284 - 291
- Derin Öğrenme Kullanarak Tiroid Kanseri Teşhisi  
Zeynep AYTAÇ, İsmail ISERİ, Beşir DANDİL  
Sayfa: 292 - 298
- Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve AdaBoost Algoritması ile Araç Sınıflandırmasının Değerlendirilmesi  
Seda KUL, Ahmet SAYAR  
Sayfa: 299 - 303
- İmmün Plazma Algoritması ile Bilişsel Radyo Ağlarında Çok Kullanıcılı Kanal Atama Probleminin Çözülmesi  
Murat KISA, Selçuk ASLAN, Sercan DEMİRCİ  
Sayfa: 304 - 310
- Ayarlanabilir Parça Uzunluklarına Sahip 3-Parçalı Fotonik Kristallerde Elektromanyetik Dalgaların Frekans Analizi  
Ayşe Nihan BASMACI  
Sayfa: 311 - 316

*Sis Hesaplama da Sis Düğümlerinin Rolü ve Mimari Yapısı*

Fatih TOPALOĞLU

Sayfa: 317 - 322

*5G Mobil Haberleşme İçin Milimetre Dalga Sekiz Elemanlı Faz Dizisi Anten Geliştirilmesi*

Sinan AKŞİMŞEK

Sayfa: 323 - 326

*COVID-19 PCR Testi Veri Analizinde CAtena Smart PCR Bioinformatik Programının Sunduğu Ön Değerlendirme Sonuçlarının Uzman Sonuçları ile Uyumunun Araştırılması*

Ayşe Rüveyda UÇUR, Abdulkadir TAŞDELEN

Sayfa: 327 - 330

*İmalat-Üretim Sistemleri ve Önemi: Esnek İmalat Sistemlerinin (EİS-EÜS) Değerlendirilmesi*

Ayşenur ERDİL

Sayfa: 331 - 342

*Endüstriyel Sünger Ezme Makinesinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Yapısal Analizi*

Emir ESİM, Emre BENZER

Sayfa: 343 - 350

*Pekiştirmeli Öğrenme Algoritmaları ile İnsansız Hava Aracının Duruş Dinamiklerinin Kontrolü*

Nurten EMER, Necdet Sinan ÖZBEK

Sayfa: 351 - 357

*Müşteri Hizmetleri Yönetiminde Yapay Zeka Temelli Chatbot Geliştirilmesi*

İsmail İŞERİ, Özkan AYDIN, Kaan TUTUK

Sayfa: 358 - 365

*Yangına Dayanıklı Demiryolu Sinyalizasyon Kablosu Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi*

Selim HARTOMACIOĞLU, Kamil MUTLU, Onur MERCAN, Dilek DAĞDELEN, Görkem USLU, Ömer YİĞİTLER, Çiğdem UÇAR

Sayfa: 366 - 370

*GKYM Üretimi ve CO2 Depolanmasının Sayısal İncelenmesi*

Samuel ABUBAKAR, Serhat CANBOLAT

Sayfa: 371 - 376

*Bir Gıda Fabrikasında Üretim Planlama Süreçlerinin Analizi ve İyileştirilmesi*

Mehmet SAVSAR, Hasan ÇİÇEK

Sayfa: 377 - 386

*Bir Konserve Fabrikasında Bakım Politikalarının Üretim Maliyetlerine ve Sistem Güvenilirliğine Etkileri*

Mehmet SAVSAR, Hasan ÇİÇEK

Sayfa: 387 - 396

*Veri Madenciliği ve Makine Öğrenimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması: Tekstil Sektöründe bir Uygulama*

Filiz ERSÖZ, Yasemin ÇINAR

Sayfa: 397 - 414

*Sözdizimi Hatalarını Analiz Eden ve Düzelten Türkçe Sohbet Robotuna sahip Python Tümlşik Geliştirme Ortamı Kavramsal Tasarımı*

Turgay Tugay BİLGİN, Erdem YAVUZ

Sayfa: 415 - 424

*Covid19 Sürecinde Çevrimiçi Eğitim Hakkındaki Toplum Görüşlerinin İncelenmesi: Sentiment Analizi*

Cansu AYDIN

Sayfa: 425 - 431

*Betimleyici ve Metin Madenciliği Yöntemleri Kullanılarak Covid19 Konulu Eğitim Dergisi Yayınlarında Araştırma Eğilimleri Analizi: Ön Analiz*

Cansu Çiğdem EKİN, Mustafa ÇAKICI, Egemen ŞENER, Sıla TÜRKER, Sinem ALTANLAR

Sayfa: 432 - 437



## Yapay Sinir Ağları Kullanarak Kan Testi Sonuçlarının Sınıflandırılması ve Kullanıcı Ara Yüzünün Geliştirilmesi

Rıza İlhan<sup>1\*</sup>, Büşranur Gudar<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Istanbul Aydın University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8975-9942), [gilkhanisarkandi@aydin.edu.tr](mailto:gilkhanisarkandi@aydin.edu.tr)

<sup>2</sup> Istanbul Aydın University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0044-9011), [busranurgudar@stu.aydin.edu.tr](mailto:busranurgudar@stu.aydin.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1010484)

**ATIF/REFERENCE:** İlhan, R., Gudar, B. (2021). Yapay Sinir Ağları Kullanarak Kan Testi Sonuçlarının Sınıflandırılması ve Kullanıcı Ara Yüzünün Geliştirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, (29), 1-5.

### Öz

Hastalıkların başarılı bir şekilde tedavi edilebilmesi için hızlı ve doğru tıbbi teşhis çok önemlidir. NHANES laboratuvarı analizleri ile elde edilen kan testi sonuçlarından hastalıkları tahmin etmek için MLP NN ve ChOA birleştirilerek bir model (Bileşik Model) geliştirilmiştir. Bileşik modelin geliştirilmesine ek olarak kan testi verisetlerinin model ile sınıflandırılarak sınıflandırma doğruluklarının diğer algoritmalar ile karşılaştırılmasını sağlayan bir kullanıcı arayüzü programı geliştirilmiştir. Öncelikle MLP Neural Network Algoritmasını, Chimp Optimization Algoritması ile birleştirerek MLP NN'ün en büyük dezavantajlarından olan aşırı yüklenme durumu giderilmiştir. Birleşik model'den elde edilen doğruluk değeri Rastgele Orman (Random Forest), Lojistik Regresyon (Logistic Regression) ve İki Katmanlı Yapay Sinir Ağı ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, hazırlanan kullanıcı arayüzünde de görüldüğü gibi MLP NN-ChOA modelinin çoğu durumda diğer kıyaslama algoritmalarına kıyasla daha iyi veya karşılaştırılabilir bir performans sağladığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kan testi, Yapay sinir ağları, Optimizasyon, Sınıflandırma, Teşhis.

## Classification of Blood Test Results Using Artificial Neural Networks and Improvement of User Interface

### Abstract

Rapid and accurate medical diagnoses are essential for the successful treatment of diseases. A model was developed by combining MLP NN and Chimp Optimization Algorithms to predict diseases from NHANES laboratory blood test results. In addition to the development of this model, a user interface program has been developed that allows datasets to be loaded and trained with the model and compared with other algorithms. First of all, by combining the MLP Neural Network Algorithm with the Chimp Optimization Algorithm, the overload situation, which is the biggest disadvantage of NN, is eliminated. The accuracy value obtained from the combined model was compared with Random Forest, Logistic Regression and Two-Layer Artificial Neural Network. The results show that the MLP NN-ChOA algorithm provides better or comparable performance compared to other benchmarking algorithms in most cases, as seen in the prepared user interface.

**Keywords:** Blood test, Neural networks, Optimization, Classification, Diagnosis.

\* Corresponding Author: Rıza İlhan İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendislik Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8975-9942, [gilkhanisarkandi@aydin.edu.tr](mailto:gilkhanisarkandi@aydin.edu.tr)

## 1. Introduction

Tıp bilimindeki en büyük sorun tanı koymaktır. Uzmanlar, hastalıklara teşhis koyabilmek için birçok farklı yöntemler geliştirmişler ve uygulamalar denemişlerdir (Maiellaro et al., 2005). Tıp alanındaki yapay zeka çalışmalarında literatür araştırmalarına örnek olarak, diyabet çalışmaları, akut hastalıkların risk tahmini ve sağlık kayıtlarına dayalı hibrit sinir ağı modellerinin geliştirilmesi verilmiştir. Örneğin, diyabet çalışmalarında insülin kavramının çok iyi anlaşılması gereklidir. Ancak tıp literatüründe insülinin yönetimiyle ilgili bilginin az olmasından dolayı doktorlar insülin rejiminin spesifikasyonu ve dozajı için kendi fikirlerini ve deneyimlerini kullanırlar. Örnek bir çalışmada insülin bilgilerinin doğru bir şekilde sınıflandırılması için yapay sinir ağı yaklaşımı kullanılmıştır (Gogou et al., 2001). Akut hastalık risklerinin tahminine yönelik çalışmalara örnek olarak Apandisit çalışmaları verilebilir. Akut apandisit için doğru ve hızlı teşhisi, hastalıktan ölüm oranını düşürmektedir. Literatür çalışmasında, akut apandisit zamanında teşhisi için MLP NN tabanlı sinir ağı algoritması kullanılmış olup diğer algoritmalara nazaran daha fazla duyarlılık, özgüllük ve doğruluk göstermiştir (Shahmoradi et al., 2018). Tıp alanındaki çalışmalarda teşhisin doğruluğu hastaların tedavisini de başarılı kılar. Bu nedenle hastalık türü ne kadar erken sınıflandırılırsa, tedavinin başarı şansı da o kadar yükselir. Genellikle, uzmanlar laboratuvar verilerinin güvenilir ve doğru analizinin eksikliğinden muzdariptir. Bu nedenle tanı koymada iyi ve doğru kararlar vermelerine yardımcı olacak araçlara ihtiyaçları vardır. Teşhisi doğru sınıflandırmak ve uzmanların hızlı ve doğru karar almaları için yapay zeka veya makine öğrenimi gereklidir (Maiellaro et al., 2005; Payandeh et al., 2009). Makine öğrenme algoritmaları denetimli ve denimsiz öğrenme olarak ikiye ayrılır (Mohammad Reza Mosavi et al., 2019). Denetimli öğrenmede öğrenme işlemi sağlayan yöntemler eğitimci ile sağlanır. Eğitimci, stokastik eğitimci ve belirleyici eğitimci olarak ikiye ayrılır. Deterministik eğitimci, gradyan iniş ve geri yayılmaya dayalı yöntemlerdir. Ancak, yakınsama oranları basit ve hızlı yollarla elde edilmesine rağmen sonuçlar güvenilir değildir. Çünkü yerel optima(iyileştirme), öğrenmenin adım boyutlarına bağlıdır. Stokastik eğitimci daha yavaştır, ancak sonuçlar daha güvenilirdir. Stokastik eğitimci eğitim, başlangıç katsayısı rastgele olan bir parametre ile başlar. Bu rastgelelikle, hatadan maksimum kaçınma avantajı elde edilir (Afrakhteh et al., 2020; M. R. Mosavi & Khishe, 2017). Multi-Layer Perceptron Neural Network'te Stokastik Eğitimci, öğrenme ve sınıflandırma(test edilme) süresi daha yavaş olmasına rağmen yerel optima'da takılmaz. Chimp Optimization Algoritması ise stokastik eğitimci temellidir. Ancak arama fazı içindeyken deterministik eğitimci davranışını seğileyerek yüksek doğruluk yakınsama oranına sahip olur (Stanford et al., 1994). Hem hızlı hemde yüksek doğruluk yakınsama oranına sahip olabilmek için bu iki model birleştirilmiştir. Ayrıca birleşik modelin diğer algoritmalar ile karşılaştırılabilmesi için bir kullanıcı arayüzü programı geliştirilmiştir. Çalışmada, Bölüm 2'de kullanıcı arayüzünde kullanılan tüm algoritmaların çalışma mantığı ve formülleri açıklanmıştır. Bölüm 3'de kullanıcı arayüzünün genel yapısı verilmiştir. Bölüm 4'te sonuçlar ve tartışmalar kısmına yer verilmiştir.

## 2. Algoritmalar

Bu bölümde kullanıcı arayüzünde tanımlanmış algoritmalar ve kullanılan formüller kısaca açıklanacaktır.

### 2.1. Şempanze Optimizasyon Algoritması (Chimp Optimization Algorithm - ChOA)

Şempanze optimizasyon algoritması, şempanzelerin grup bileşimini örnek alarak oluşturulmuş bir algoritmadır. Şempanzelerin grup bileşimi dinamik bir özelliğe sahiptir. Dinamik grup içerisinde, gruptaki üyeler zamana ve çevreye göre değişir (Khishe & Mosavi, 2020b). Bir şempanze kolonisinde 4 tip şempanze grubu bulunur. Bunlar; engelleyici, takipçi, sürücü ve saldırgan. Başarılı bir av(doğru sınıflandırma ve sonuç) için dört grubunda dahil edilmesi gereklidir. Sürücüler, avı hapsedmeden veya başka bir girişimde bulunmadan sadece avı izlerler. Engelleyiciler, avın kaçmasını önlemek için ağaç üzerinde konumlanır ve avlanma sürecinde onu takipçilere yönlendirir. Takipçiler, avı tuzağa düşürmek için avı kovalar ve saldırgana yönlendirir. Saldırgan, avın kaçış yolunu tahmin eder ve onu avın bölgelerine ve takipçilerine yönlendirir, ardından avı yakalar. ChOA için matematiksel formüller aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$d = |c x_{prey}(t) - m x_{chimp}(t)| \quad (2.1.1)$$

$$x_{chimp}(t + 1) = x_{prey}(t) - ad \quad (2.1.2)$$

$$a = 2fr_1 - a, \quad c = 2r_2 \quad (2.1.3)$$

2.1.1 ve 2.1.2 formüllerinde yer alan t değeri iterasyonun güncel sayısını göstermektedir. a vektörü -1 ile 1 arasında rastgele sayılardan oluşan bir arama faktörüdür. c vektörü avcılığın kolay olması için atanan rastgele sayılardan oluşmuş bir vektördür.  $x_{prey}$ , avın pozisyonuna ait konum vektörü,  $x_{chimp}$  ise şempanzenin konum vektörünü göstermektedir. Burada f değeri bütün iterasyonlarda 2.5 tan 0'a nonlinear olarak azalmaktadır (Aljarah et al., 2018; Khishe & Mosavi, 2020b).

$r_1$  ve  $r_2$  değerleri ise 0 ile 1 aralığında rasgele sayılardan oluşturulmuş vektörlerdir. m değeri kaotik bir değerdir. Şempanzenin avı bulması için iyileştirme ve güncelleme görevi görür.

### 2.2. Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları (Multi-Layer Perceptron Neural Network – MLP NN)

Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı, ileri beslemeli, basit ve güvenilir bir Yapay Sinir Ağları(YSA) türüdür. MLP NN'ün çıkış değerleri ikilidir. Bu ikili sonuçlar Evet/Hayır, 0/1, Doğru/Yanlış vb. anlamına gelmektedir. YSA'nın genel olarak en büyük dezavantajı aşırı uyum durumudur. İterasyonlar sırasında oluşan bu durumda belli bir iterasyondan sonra hata oranı tekrarlanmaktadır. Bu aşırı uyum, MLP NN' un gizli katmanı içerisinde bir optimizasyon algoritması kullanılarak önlenebilir. Literatürde, MLP NN genellikle Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri, Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Karar Ağacı gibi sınıflandırma amaçları için kullanılan modellerden daha doğru performans sergilemektedir (Aefinfar et al., 2009; Khishe & Mosavi, 2020a; Shariati et al., 2019; Sinan, 2021).



$$(I_1)_j = b + (W_1)_{10}X_0 + (W_1)_{11}X_1 + (W_1)_{12}X_2 + \dots + (W_1)_{1n}X_n \quad (2.2.1)$$

Bu formülde  $W_1, X_1$  giriş öngerilim değerine rastgele atanan ağırlık değerini temsil eder ve  $j$ i, giriş katmanından gizli katmana ait nöron sayısını gösterir. Formül 2.2.2' nin açılmış hali formül 2.2.1'de açıkça gösterilmiştir. Formül 2.2.2, gizli katman sonucunu göstermektedir.

$$(Out)_1 = f((I_1)_j) \quad (2.2.2)$$

Formül 2.2.2'nin sonucu, aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen eşik değerine göre 0 veya 1 olarak sınıflandırılır. Ağırlıklı toplam değer; eşik değerine eşit veya büyük ise 1, eşik değerden küçük ise 0 yapılı. Problemin tipine ve ağırlık yapısına göre Lojistik, Unit Step, Sign, Linear, Piece-Wise, Hyperbolic Tangent, Rectified Linear Unit (RELU) yada Softplus fonksiyonları kullanılmaktadır.

### 2.3. Lojistik Regresyon (Logistic Regression - LR)

Lojistik Regresyon (Logistic Regression, Logit Regression, Log-Linear Classifier) modeli verileri sınıflandırma amacıyla kullanılmaktadır. Lojistik Regresyon 1 ve 0 olan doğruluk değerlerinin sınıflandırılmasında oldukça iyi bir sonuç vermektedir. Ancak sadece karmaşık olmayan veri setleri için yapılabilir. Veri setindeki çıktı değerleri kararsız, evet, hayır vs. gibi ikiden fazla durumu kapsadığında sınıflandırma doğruluğuna güvenilemez. Lojistik Regresyona Sigmoid fonksiyonu uygulanması halinde bağımsız değer tahmin doğruluğu daha da artmaktadır. Veri setindeki çıktı değerlerinin 1 veya 0 değerlerine ait olma olasılığının hesabı aşağıdaki formül 2.3.1'de gösterilmektedir (Sinan, 2021).

$$h_\theta(x) = P(y = 1|x) = 1 - P(y = 0|x) \quad (2.3.1)$$

Sigmoid fonksiyonu formül 2.3.2'de gösterilmiştir (Sinan, 2021).

$$\sigma(x) = \text{Sigmoid Fonksiyonu} = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.3.2)$$

### 2.4. Rastgele Orman (Random Forest - RF)

Rastgele orman algoritması, böl ve fethet yaklaşımına sahip özel bir topluluk yaklaşımıdır (Breiman, 2001). Rastgele orman algoritması birçok karar verme ağacı veya regresyonu ile oluşturulur. Algoritmanın en büyük avantajı, herbir ağaç veya regresyon zayıf bir öğrenme özelliğine sahip olduğu halde ağaçların tümü algoritmayı daha güçlü öğrenme özelliğine sahip kılar. Ayrıca herhangi bir parametre ayarı olmaksızın hem eğitim hemde tahminde çok iyi bir performans gösterir. En büyük dezavantajı, kayıp yada düzensiz verilere sahip veri setlerinde yada çok fazla veriye sahip veri setlerinde tahmin doğruluğu ve eğitim performansı düşmektedir. Ancak Destek Vektör Makinesi, Karar Ağaçları, Naive Bayes Algoritmasına kıyasla daha yüksek tahmin doğruluğu elde edilmektedir (Gunçar et al., 2018).

### 2.5. Şempanze Optimizasyon Algoritması ile Eğitilmiş Çok Katmanlı Aygılayıcı Sinir Ağı (MLP NN + ChOA)

Bu bölümde, ChOA kullanılarak MLP Sinir Ağı'nın eğitimi için önerilen metodoloji açıklanmış ve kullanılan formüller

eklenmiştir. Çalışmada, ChOA, MLP NN algoritmasının bir adet gizli katmanına yerleştirilmiştir.

Yapay sinir ağlarının en önemli dezavantajı uygun ağ yapısının belirlenememesi, sadece sayısal bilgilerle çalışması ve ağırlık işlem süresinin bilinmemesidir. Sinir ağlarının yapısını belirlemek için belirli bir kural yoktur. Bu nedenle de uygun ağ yapısı, deneyim ve deneme yanılma yoluyla elde edilir. Örnekteki hatanın belirli bir değere indirilmesi eğitimin tamamlandığı anlamına gelir. Ancak bu değer bize optimum sonuçları vermemektedir. Ayrıca algoritma belirli bir kurala tabi değilse işlem süresi de öngörülemez sorunlara neden olabilir. Örneğin, çıktının belirli sayıda yinelemesinden sonra aşırı uyum (overfitting) en önemli öngörülemez sonuçlardandır (Demirci et al., 2016).

Öncelikle Bölüm 2.1'de kullanılmış formüller herbir şempanze için özelleştirilmiştir. Özelleştirilmiş formüller aşağıdaki gibidir.

$$d_{Attacker} = |c_1x_{Attacker} - m_1x| \quad (2.5.1)$$

$$d_{Barrier} = |c_2x_{Barrier} - m_2x| \quad (2.5.2)$$

$$d_{Chaser} = |c_3x_{Chaser} - m_3x| \quad (2.5.3)$$

$$d_{Driver} = |c_4x_{Driver} - m_4x| \quad (2.5.4)$$

$$x_1 = x_{Attacker} - a_1 d_{Attacker} \quad (2.5.5)$$

$$x_2 = x_{Barrier} - a_2 d_{Barrier} \quad (2.5.6)$$

$$x_3 = x_{Chaser} - a_3 d_{Chaser} \quad (2.5.7)$$

$$x_4 = x_{Driver} - a_4 d_{Driver} \quad (2.5.8)$$

$$x = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4}{4} \quad (2.5.9)$$

$d_{Attacker}, d_{Barrier}, d_{Chaser}$  ve  $d_{Driver}$  formülleri ile av ile şempanzeler arasındaki mesafe hesaplanır. Çıkan sonuçlara göre de şempanzelerin ava göre konumları hesaplanıp ortalaması alınır. 2.5.1 - 2.5.8 formülleri kullanılarak MLP NN gizli katmanındaki nöronların  $x$  değerleri bulunur. Ancak  $x$  ( $x_{Attacker}, x_{Barrier}, x_{Driver}$  and  $x_{Chaser}$ ) veri kümesindeki örneklerin her bir değeri için hesaplandığından tek bir değere dönüştürülmesi gerekir. Tek bir değere dönüştürmek için formül 2.5.9 kullanılır. Ortak  $x_{chimp}$  değeri, MLP NN - ChOA'nın gizli katmanının çıktısıdır ve aslında MLP NN gizli katmanının ağırlık değeridir.  $x_{chimp}$ , out olarak formül 2.2.1'e yerleştirilir ve ardından MSE değeri hesaplanır. Gizli katmandan elde edilen çıkış değeri Lojistik aktivasyon formülü ile hesaplanır. Aşağıda formül 2.5.10'da gösterilmiştir.

$$f = \frac{1}{1+e^{-Out}} \quad (2.5.10)$$

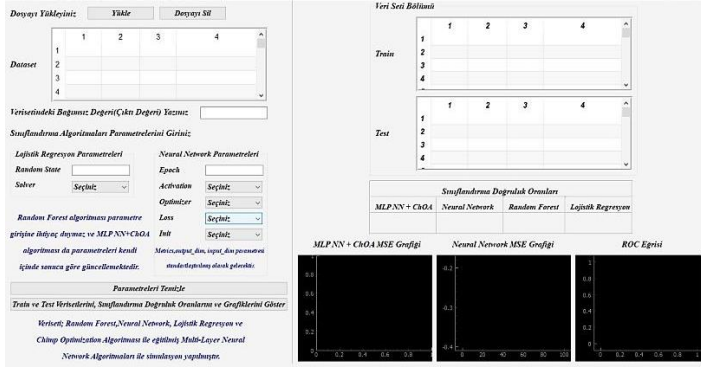
Ortalama Kare Hatası (MSE), tüm eğitim örnekleri için oluşturulan arama araçları (MLP NN'ler) tarafından istenen ve değerlendirilen değerler arasındaki farkını hesaplamak için kullanılır.

$$MSE = 1/m \sum_{i=1}^m (f - f')^2 \quad (2.5.11)$$

Formül 2.5.11'de  $f$  istenen değer,  $f'$  ise değerlendirilen değer ve  $m$  eğitim veri kümesindeki örnek sayısıdır.

### 3. Kullanıcı Arayüzü

Geliştirilen Kullanıcı arayüzü programı ile pasif veri setleri algoritmalarla modellenerek algoritmaların sınıflandırma doğruluğu, ROC eğrisi ve ChOA ile MLP NN birleştirilerek elde edilen birleşik modele ait Mean Squared Error (MSE) – Ortalama Kare Hatası – grafiği görüntülenmektedir. Kullanıcı bu sonuçlara göre aktif veri setlerini seçtiği algoritma ile hastalıkları sınıflandırabilir. Şekil 1’de boş Kullanıcı arayüzü ekranı verilmiştir.



Şekil 1: Kullanıcı arayüzü programına ait boş arayüz ekranı

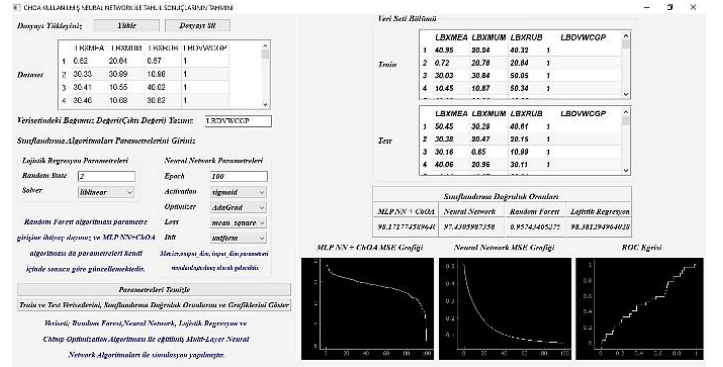
Kullanıcı arayüzü ekranında, veriseti yüklendiğinde program içinde gömülen “Dataset” olarak etiketlenen excel tablosunda gösterilecektir. Kullanıcı, veri seti içindeki sonuç değerlerini/değerini “Bağımsız değer”e yazmalıdır. RF algoritması herhangi bir parametre ayarına gerek duymaz. MLP NN + ChOA birleşik (ensemble) algoritması ise yüklenen verisetine uygun olarak parametrelerini kendisi günceller. Bu nedenle hem RF hemde birleşik algoritma için kullanıcıdan herhangi bir parametre ayarı istenmemiştir. Lojistik Regresyonda en önemli iki parametre solver ve random state’tir. Solver, çözümleyici fonksiyonlar anlamına gelmektedir ve kullanıcı arayüzü ekranında en sık kullanılan 5 fonksiyon çeşidi seçilmektedir: Liblinear, Sag, Saga, Newton-cg, Lbfgs. Random state ise olası durumlar anlamına gelmektedir. Kullanıcı istediği değeri verebilir. MLP NN’te girilmesi gereken 5 önemli parametre ayarı vardır: Epoch, Activation, Optimizer, Loss ve Init’tir. Epoch, iterasyon sayısıdır. Activation, gizli katmandan çıkan sonuca uygulanan fonksiyon çeşitleridir. Arayüz için Relu, Sigmoid, Tanh, Gaussian ve Softplus fonksiyonları seçilebilmektedir. Optimizer parametresi ile en iyileme algoritmasının belirlenir. En iyi 3 parametre seçilebilmektedir: Adam, AdaGrad, RMSprop. Loss parametresi ile hata fonksiyonları tanımlanır ve Binary crossentropy, Mean absolute error, Mean squared error ve Categorical hinge olarak 4 tip hata fonksiyonu çeşidi seçilebilir. Init parametresi ile başlangıç ağırlık değerlerinin belirleyen seçenekler tanımlanır ve arayüzden Uniform, Lecun uniform, Identity ve Orthogonal olarak 4 çeşit ağırlık belirleme seçeneği seçilebilir. Metrics parametresi bu çalışma için varsayılan olarak doğruluk değeri (accuracy) olarak tanımlanmıştır.

Bu parametreler girildiğinde eğitim (train), test veri setleri, algoritmaların doğruluk oranları ve grafikler gösterilecektir. Train ve Test verisetlerinin algoritmalarda kullanıma yüzdeliği önemlidir. Eğer algoritmanın öğrenme oranının yüksek olmasını istiyorsak bu durumda Train verisetinin algoritmadaki yüzdeliği en az %20 ve hatta daha düşük bir yüzdeliğe sahip olmalıdır. Sınıflandırmaya önem verilmesi durumunda ise Train verisetinin

yüzdeliği %60 olabilir. Ancak bu çalışmada sınıflandırmaya önem verildiği için Train veriseti için %67, Test veriseti için %33 olması uygun görülmüştür. Bu değerler standart olarak belirlenmiştir.

### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmadaki amacımız, MLP NN modelimizde gizli katmana ChOA ekleyerek oluşturduğumuz yeni birleşik algoritmayı hazırladığımız Kullanıcı Arayüzü programında göstererek hata değerinin azaltılarak tahmin doğruluğunu arttırdığını göstermektir. Böylece MLP NN’nin en büyük dezavantajı, yani belirli bir iterasyon veya aşırı yüklenme durumunda oluşan hata oranının düşmemesi sorunu çözülmüştür. Sınıflandırma oranı ise tahmin doğruluğu hakkında bilgi verir. Hata grafiği ve sınıflandırma doğruluğunun gösterilmesi kullanıcıya hangi algoritmanın hangi veri setine uygun olarak kullanılacağına rehberlik eder ve bu algoritmalar aktif verisetlerine uygulanarak hastalık tahmini daha kolay ve hızlı yapılabilir.



Şekil 2: NHANES’ten alınmış kan tahlili sonuçlarına göre Kızamık, Kabakulak, Suçiçeği ve Kızamıkçık hastalıklarının hastalardaki antikorlara göre sonuçlarını içeren veri setinin kullanıcı arayüzü programında modellenmesi

Kızamık, Kabakulak, Suçiçeği ve Kızamıkçık hastalıklarının kan testi sonuçlarına göre hazırlanmış herhangi bir pasif veri setine ait tahmin doğruluğunu, kullanıcının programda belirlediği 4 çeşit algoritma ile gösterilmiştir. Bu karşılaştırma sonuçları Şekil 2’de de yer aldığı gibi Kullanıcı Arayüzünde gösterilmektedir. Modellerden elde edilen tahmin doğruluğu sonuçları; MLP NN için %97,43, RF için %95,92, LR için %98,38 ve ChOA-MLP NN algoritması için %98,17’dir. Bu değerler programa yüklenen verisetine göre değişkenlik göstermektedir. %98,38 değeri tek başına LR algoritmasının doğruluğundan daha küçüktür, ancak LR’nin karmaşık verisetinde uygulanmasından dolayı daha güvenilirdir. LR algoritmasına ait olan ROC eğrisinden de görüldüğü gibi sonuçlar exponensiyel yükselmemesi sınıflandırma doğruluğuna güvenilmemesi gerektiğinin bir göstergesidir.

Ayrıca MLP NN Algoritmasının en büyük dezavantajı olan aşırı uyum durumu Chimp optimizasyon algoritması kullanılarak Şekil 2’de yer alan MLP NN + ChOA grafiğinden de görüldüğü gibi MSE oranı sürekli azalarak ortadan kaldırılmıştır. Sonuç olarak, MLP NN - ChOA’nın sınıflandırma oranı diğer bölümlerde açıklanan algoritmaların dezavantajı olduğu durumları dikkate alındığında çok daha güvenilirdir ve daha doğru sonuçlar vermektedir.

### Teşekkür



İstanbul Aydın Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Sedjad Eyni ve Dr. Elnaz Pashaei'ye faydalı yorumları ve tartışmaları için teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Aeinfar, V., Mazdarani, H., Deregeh, F., Hayati, M., & Payandeh, M. (2009). Multilayer perceptron neural network with supervised training method for diagnosis and predicting blood disorder and cancer. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2075–2080. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2009.5213591>
- Afrakhteh, S., Mosavi, M. R., Khishe, M., & Ayatollahi, A. (2020). Accurate classification of EEG signals using neural networks trained by hybrid population-physic-based algorithm. *International Journal of Automation and Computing*, 17(1), 108–122. <https://doi.org/10.1007/s11633-018-1158-3>
- Aljarah, I., Faris, H., & Mirjalili, S. (2018). Optimizing connection weights in neural networks using the whale optimization algorithm. *Soft Computing*, 22(1). <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2442-1>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Demirci, F., Akan, P., Kume, T., Sisman, A. R., Erbayraktar, Z., & Sevinc, S. (2016). Artificial neural network approach in laboratory test reporting: Learning algorithms. *American Journal of Clinical Pathology*, 146(2), 227–237. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqw104>
- Gogou, G., Maglaveras, N., Ambrosiadou, B. V., Goulis, D., & Pappas, C. (2001). A neural network approach in diabetes management by insulin administration. In *Journal of Medical Systems* (Vol. 25, Issue 2, pp. 119–131). <https://doi.org/10.1023/A:1005672631019>
- Gunčar, G., Kukar, M., Notar, M., Brvar, M., Černelč, P., Notar, M., & Notar, M. (2018). An application of machine learning to haematological diagnosis. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18564-8>
- Khishe, M., & Mosavi, M. R. (2020a). Classification of underwater acoustical dataset using neural network trained by chimp optimization algorithm. *Applied Acoustics*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107005>
- Khishe, M., & Mosavi, M. R. (2020b). Chimp optimization algorithm. *Expert Systems with Applications*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113338>
- Maiellaro, P., Cozzolongo, R., & Marino, P. (2005). Artificial neural networks for the prediction of response to interferon plus ribavirin treatment in patients with chronic hepatitis c. *Current Pharmaceutical Design*, 10(17), 2101–2109. <https://doi.org/10.2174/1381612043384240>
- Mosavi, M. R., & Khishe, M. (2017). Training a feed-forward neural network using particle swarm optimizer with autonomous Groups for sonar target classification. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 26(11). <https://doi.org/10.1142/S0218126617501857>
- Mosavi, Mohammad Reza, Khishe, M., Naseri, M. J., Parvizi, G. R., & Ayat, M. (2019). Multi-layer perceptron neural network utilizing adaptive best-mass gravitational search algorithm to classify sonar dataset. *Archives of Acoustics*, 44(1), 137–151. <https://doi.org/10.24425/AOA.2019.126360>
- Payandeh, M., Aeinfar, M., Aeinfar, V., & Hayati, M. (2009). A new method for diagnosis and predicting blood disorder and cancer using artificial intelligence (Artificial neural networks). *International Journal of Hematology-Oncology and Stem Cell Research*, 3(4), 25–33.
- Shahmoradi, L., Safdari, R., Mirhosseini, M. M., Arji, G., Jannat, B., & Abdar, M. (2018). Predicting risk of acute appendicitis: A comparison of artificial neural network and logistic regression models. *Acta Medica Iranica*, 56(12), 784–795.
- Shariati, M., Mafipour, M. S., Mehrabi, P., Bahadori, A., Zandi, Y., Salih, M. N. A., Nguyen, H., Dou, J., Song, X., & Poingnian, S. (2019). Application of a hybrid artificial neural network-particle swarm optimization (ANN-PSO) model in behavior prediction of channel shear connectors embedded in normal and high-strength concrete. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(24). <https://doi.org/10.3390/app9245534>
- Sinan, U. (2021). Makine öğrenmesi teorik yönleri ve python uygulamaları ile bir yapay zeka ekolü (Atalay Mat). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Stanford, C. B., Goodall, J., Wallis, J., Mpongo, E., Wallis, J., & Goodall, J. (1994). Hunting decisions in wild chimpanzees. *Behaviour*, 131(1–2), 1–18. <https://doi.org/10.1163/156853994X00181>



# The Improvement needs in Blockchain Technology

Arif Furkan Mendi<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0750-4012), [afmendi@havelstan.com.tr](mailto:afmendi@havelstan.com.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009560)

**ATIF/REFERENCE:** Mendi, A. F. (2021). The Improvement needs in Blockchain Technology. *European Journal of Science and Technology*, (29), 6-10.

## Abstract

Bitcoin's attack in finance has caused a new wind to blow in the stock market and with the emergence of many new crypto currencies, the crypto currency market has become a new financial area. Although Blockchain technology is the technological infrastructure of Bitcoin, awareness is not as high as Bitcoin. Despite it was found in 1992, its first use was in the shadow of Bitcoin, influenced by the fact that it was with Bitcoin in 2008. However, due to the features that it provides; Without Blockchain technology, the Bitcoin system would not work. As the dazzling offer of Bitcoin; through the decentralized structure, buyers and sellers can meet directly on a platform and make their purchases securely, without involvement of any third party. Verification in the system can only be done by approving by more than 50% of the participants. Thus, besides of no need for a central authority, it became almost impossible for any cyber attack to be successful. The continued success of Blockchain technology is vital for Bitcoin and other cryptographic currencies survival. Beside of all these advantages, there are some issues that need to be addressed for Blockchain technology. These can be listed as throughput, latency in processing, size and bandwidth, some security vulnerabilities, resource waste for adding a new block to chains, usability, and privacy. In this article, we will discuss these issues that need to be addressed for Blockchain technology.

**Keywords:** Blockchain, Blockchain Restrictions, Blockchain Problems

## Blokszincir Teknolojisinde İyileştirilmesi Gerekenler

### Öz

Bitcoin kripto parasının finans alanında yapmış olduğu atak, borsada yeni bir rüzgarın esmesine neden olmuş ve birçok yeni kripto para biriminin ortaya çıkmasıyla kripto para piyasası yeni bir finans alanı haline gelmiştir. Blokszincir teknolojisi Bitcoin'in teknolojik altyapısı olsa da bilinirliği Bitcoin kadar yüksek değil. 1992 yılında bulunmasına rağmen ilk kullanımı 2008 yılında Bitcoin ile birlikte olmuş ve bu sebeple Bitcoin'in gölgesinde kalmıştır. Fakat; blokszincir teknolojisi olmadan Bitcoin sisteminin çalışması mümkün değildir. Bitcoin sahip olduğu merkezi olmayan yapı sayesinde, alıcı ve satıcıları doğrudan bir platformda buluşturmada ve herhangi bir üçüncü tarafın katılımı olmadan güvenli bir şekilde alışverişlerini gerçekleştirmelerine imkan sağlamaktadır. Sistemde doğrulama ancak katılımcıların %50'sinden fazlasının onayı ile yapılabilmektedir. Böylece merkezi bir otoriteye ihtiyaç duyulmamasının yanı sıra herhangi bir siber saldırının başarılı olması neredeyse imkansız hale gelmektedir. Tüm bu avantajların yanı sıra blokszincir teknolojisi için ele alınması gereken bazı sorunlar da bulunmaktadır. Bunlar; verimsizlik, işlemlerde gecikme, boyut ve bant genişliği, bazı güvenlik açıkları, zincirlere yeni bir blok eklemek için kaynak israfı, kullanılabilirlik ve gizlilik olarak sıralanabilir. Bu yazımızda blokszincir teknolojisinde geliştirilmeye ihtiyacı olan bu hususları tartışacağız.

**Anahtar Kelimeler:** Blokszincir, Blokszincir Sınırlılıkları, Blokszincir Problemleri

## 1. Introduction

Blockchain technology is defined as a distributed database that maintains an ever-growing list of transaction records, protected from threats such as theft or destruction. It consists of blocks holding the stacks of individual operations. Each block contains a timestamp and a link to the previous block (Nakamoto, 2008). It is necessary to correct the misconception that Bitcoin and Blockchain, commonly known in society, are the same or similar concepts. In today's internet world, many areas such as multimedia transfer data. Blockchain technology is a distributed database that allows us to transfer assets to which we attribute value. With the Bitcoin crypto currency, which was proposed by a secret writer named "Satoshi Nakamoto" in 2008, the world began to talk about the existence of a new international currency. While Bitcoin was originally thought of only as money, it was noticed that later on the Blockchain technology at the base of Bitcoin could be a more general use area.

Blockchain technology will be approved by the common decision of all participants in the system to the parties who do not know each other, or to the untrusted parties, and prepare a record for everybody interested. Blockchain is a way to create and protect reality (The Economist, 2015). In the most general terms, Blockchain technology eliminates the need for a central control mechanism and trusted authority; propagates encrypted data to all participants in the network in a distributed database structure rather than central trust. Blockchain technology is commonly known as technology under crypto money like Bitcoin. However, the usage area of this technology is not limited to financial applications, on the contrary, it is much wider and more diverse. Although it originated in 1992, it was first used with Bitcoin in 2008. We can say that the interest in Blockchain technology is increasing, especially with the spread of Bitcoin. The reason for the interest in Blockchain is that it allows users to make secure transactions without the need for any trusted central authority. Blockchain technology enables providers and clients to securely transact directly with each other without the need for a third party's approval. In order to make this transaction between the parties secure, the entire process in the system is kept in a distributed database using cryptography. In order for the data in this distributed database to be manipulated, the relevant manipulation intervention must be done and recorded on the data on all computers. In order for any cyber-attack attempt to be successful, more than 50% of the computers in the system must approve this change on the data, making the probability of the attacks to be successful almost impossible. Advantages such as security, no-intermediation, transparency in data acquisition make Blockchain technology attractive.

When we examine the "Emerging Technologies" report of Gartner, which guides the sector with technology analysis they provided, we see that Blockchain technology has passed the "Peak of Inflated Expectations" and is moving towards the "Trough of Disillusionment" stage (See Hypecycle curve in Figure 1). This shows us that it will take between 5 and 10 years for the technology to reach the productivity field. The fact that Blockchain technology is in a downtrend in the Hypecycle curve means that it will not reach the threshold in the short term. This is mainly because the technology is fairly new and there are still unresolved issues. With the studies to be carried out between 5 and 10 years, it will be ensured that the capabilities of

technology are understood in real terms, and it will reach the maturity point by eliminating its deficiencies.

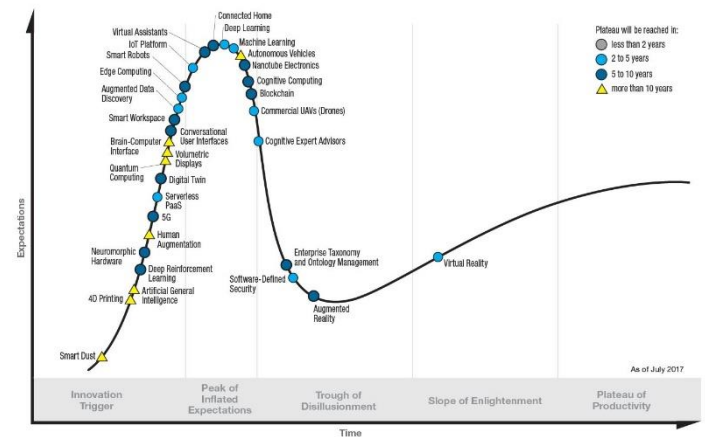


Figure 1. GARTNER Hype Cycle for Emerging Technologies (Kasey Panetta, 2017)

Beside of the advantages, there are some issues that need to be addressed for Blockchain technology in order to reach productivity area. These can be listed as throughput, latency in processing, size and bandwidth, some security vulnerabilities, resource waste for adding a new block to chains, usability, and privacy. In this article, we will discuss the issues that need to be addressed for Blockchain technology.

## 2. Material and Method

Blockchain technology enables providers and clients to securely transact directly with each other without the need for a third party's approval. In order to make this transaction between the parties secure, the entire process in the system is kept in a distributed database using cryptography. Without Blockchain technology, the Bitcoin system would not work. As the dazzling offer of Bitcoin; through the decentralized structure, buyers and sellers can meet directly on a platform and make their purchases securely, without involvement of any third party. Verification in the system can only be done by approving by more than 50% of the participants. Thus, besides of no need for a central authority, it became almost impossible for any cyber attack to be successful. The continued success of Blockchain technology is vital for Bitcoin and other cryptographic currencies survival. Beside of all these advantages, there are some issues that need to be addressed for Blockchain technology. Hence, these can be listed as throughput, latency, size and bandwidth, some security vulnerabilities, resource waste for adding a new block to chains, usability, and privacy.

### 2.1. Throughput

Throughput is the first problem that is needed to be solved. If we look at the number of transactions that can be performed for a second, Bitcoin network can perform seven transactions at a time (7tps). For Ethereum, another Blockchain-based crypto currency, this number ranges from 3 to 20 (Vitalik Buterin, 2016). On the other hand, this number is quite high in other transaction processing networks such as VISA (2.000tps) and Twitter (5,000tps) (Yli-Huumo et al., 2016). When the frequency of operations in the Blockchain rises to similar levels, the efficiency of the Blockchain network needs to be increased so that the competition can be achieved.

### 2.2. Latency

The speed of adding a block on the chain is one of the important criteria at the point of preference. Approximately 10 minutes are needed to verify bitcoin transfers (Bitcoinwiki, 2018). This period is quite long for transferring formalization. In order to achieve effective security and becoming safer against double-spending attacks, this long time is necessary. Double spending problem is, spending the same coin for multiple times (Investopedia, 2018). Bitcoin provides protection against double spending by verifying each transaction inserted into the chain to ensure that the inputs of the process are not previously spanned. This is causing the delay in Blockchain which is a big problem right now. Making a block and confirming the transaction should happen in seconds, while maintaining security. VISA takes only a few seconds to complete a transaction which is a huge advantage compared to Blockchain (Yli-Huumo et al., 2016).

### 2.3. Size and Bandwidth

A block size in Bitcoin is currently set at 1M (Eyal et al., 2015). In addition, the size of a Blockchain in the Bitcoin network is over 50MB. Blockchain is predicted to grow 214PB in each year (Yli-Huumo et al., 2016). Thus, if Bitcoin reaches the throughput level of VISA, there will be a problem related with size and bandwidth. The number of transactions included in each block is also limited by the bandwidth of nodes participating in leader election which is current bandwidth per block is 1MB for Bitcoin. If it is considered that a block is created every ten minutes with an approximate size of 1MB, so there is a limitation in the number of transactions that can be handled. In order to control more transactions, the size and bandwidth issues have to be solved on Blockchain.

### 2.4. Waste of Resources

On the Blockchain network, successful transactions between the endpoints are taken to a list identified as "Unconfirmed Transaction Pool" in nodes called "Miner". The validity of the blocks is checked here and the appropriate blocks are kept waiting to be added to the chain. Miners compete to form a list of unconfirmed operations that does not exceed a certain size, called a "block." It tries to find a special conditional "Hash" code for each block, which can be found in a large number of trials that can not be computed with a standard formula, which depends on all transactions placed in that block and references the previous valid block. The miner, who finds this value first, publishes the hash value it finds for the block, and the experiment it makes to reach this hash, at the end of the mistakes, it publishes another numerical value network called "Nonce" which allows it to reach that hash. This is the first time that you complete this process and the miner has joined the first block in the process queue and receives the reward. This calculation intensive processing that miners have realized is called "mining". This consensus method is referred to as "Proof of Work (PoW)" because it requires a lot of CPU power and validation of a valid hash and nonce find operation (Tasca & Tessone, 2018).

Consensus methods varies according to different Blockchain technologies and needs, each idea unity mechanism brings advantages and disadvantages based on different features. For this reason various methods of consensus are available according to the needs of the Blockchain system. Although there are various ideas of consensus models, the Proof of Work method is the most widely known and widely used.

According to the research conducted by Cambridge University in 2021, it has been revealed that the electricity consumption of Bitcoin mining, which is around 121.36 terawatt-hours (TWh), is higher than the consumption of Argentina as a country (Figure 2). In fact, it has been revealed that if Bitcoin were a country, it would be one of the 30 countries that consume the most electricity in the world (Criddle, 2021).

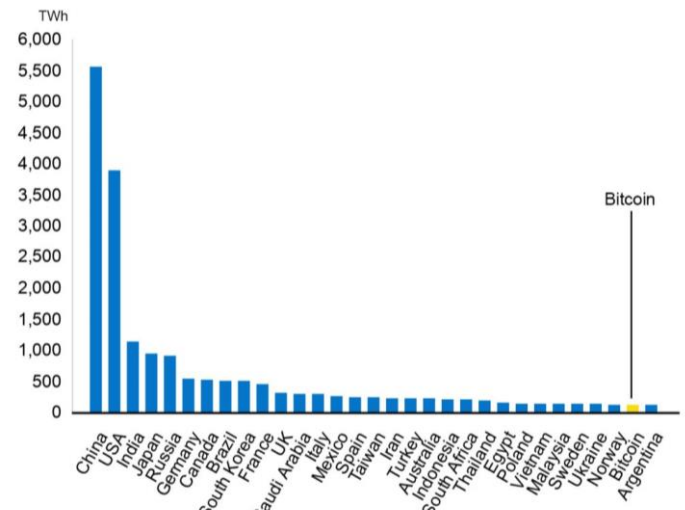


Figure 2. The Amount of Consumption of Bitcoin Compared to the Electricity Consumption of Countries

Bitcoin mining wastes serious amounts of energy, which is \$15million/day (Yli-Huumo et al., 2016). This waste is about PoW effort. There are alternative methods such as Proof of Stake (PoS), which you have to have money in your electronic wallet to make money. Your winnings will be directly proportional to the amount of money you hold in your prize purse. It means the more money you have in your wallet, the more rewards you will get. Such energy saving methods should be preferred to prevent waste of resources.

### 2.5. Security

Security is the main reason Blockchain has gained popularity in recent years. The vast majority of crypto currencies, primarily Bitcoin, use the Proof of Work (PoW) method for verification on the network. In the PoW method you win as many blocks as you mine. In addition, in this verification method, the first person to solve the algorithm needed to insert the block string receives the reward. This type of mining requires investors to take an active role in validating the data blocks, which ensures that transactions are validated and new crypto money is generated. If you do not actively work for block verification in this mining type, you will not receive any awards. Since the prize is awarded to the first person who solved the new block, and because the processor power is needed to solve the block algorithm, those with the highest processor power are most likely to receive the reward. This has led to the institutionalization of the mining process and the establishment of large mining farms where millions of high-capacity processors operate (Figure 3).



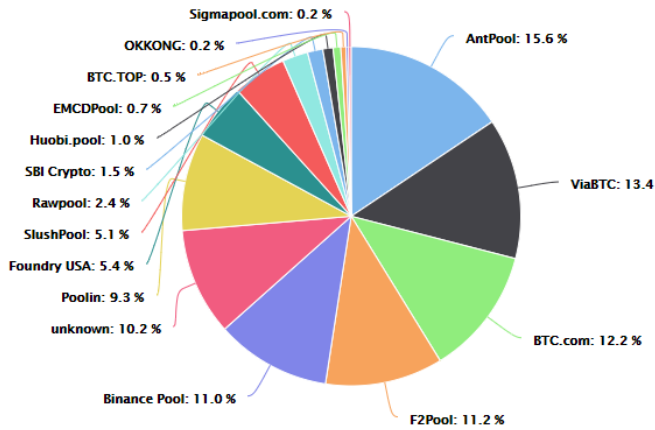


Figure 3. Bitcoin Mining Pool Hashrate Distribution (Bitcoin Pool Stats, 2021)

It has become impossible for users to make bitcoin mining with their desktop computer now in their homes. This situation hurts the idea that many crypto currencies like Bitcoin are not connected to a center which is the first exit idea. Verification in the system can only be done by approving by more than 50% of the participants. If more than 50% of the nodes in the network are being controlled by a single user, there is a possibility that manipulation can be done by that user. In this condition, Blockchain's central approach will be corrupted, and network control will belong to a single part. Especially when we look at the Bitcoin mining pools, we see that the pools are under the control of certain companies. It is not seen as a distant dream that one of these companies has more than 50% of the network. Therefore, further investigation of security is required to resolve this problem.

## 2.6. Usability

It is difficult to use Blockchain application API's like Bitcoin API provided for application development. There is a need to develop a more developer-friendly API for Blockchain. At the point of application of the technology, we see that there are no standards yet. The open source system is preventing many different software groups from creating a standard for different ideals to be constructed differently. All companies use their own infrastructures and the system they build, there is no standard infrastructure. To solve this problem, in the coordination of the LINUX Open Source Code community; a group of 54 companies including technological institutions such as IBM, Cisco, Fujitsu as well as financial institutions such as "J.P. Morgan" Accenture have established an open source community called "Hyperledger" (Hyperledger, 2018). The community continued to market the "Fabric 1.0" version in July 2017 after working on it. In February 2018, Sawtooth continued to market version 1.0. Apart from these versions, Iroha, Indy, Burrow are also available. They aim to produce a mature version after evaluating the feedback they give after using the different versions and the developers use. This consortium, which are continuing their efforts to bring them to the mature level, are required to create a giant infrastructure that will provide money transfers between the companies and the sectors. With this infrastructure, it is thought that awareness can be created in the internet world and finance field. The work that Hyperledger has done is intended to correct the usability issue.

## 2.7. Privacy

e-ISSN: 2148-2683

Blockchain is a Peer-to-Peer (P2P) ledger for transactions. Public key cryptography is used to transact. A public and a private key are provided to a user in the system: The private key is used to sign transactions, while the public key is used as an address in the system. Therefore, there is no need for real-world IDs for transactions: it's a form of "Pseudonymity". Data transparency is provided with pseudonymity; every transactions and its associated values are visible to everyone in the system. Because Blockchain is a distributed network without the need for a trusted party, all transactions are transparent and publicly disclosed. Users on the network have some privacy-related problems because they can see the entire transaction flow, although nodes can not see the private information associated with the identities. Although the sender and field addresses are public keys instead of open names, all operations are public keys and it is theoretically possible to go out of a known process and follow the actions of any participant. However, this is not the case in particular in scenarios where financial actors are involved. When we look at the researches related to the solution of this problem, many conflicting studies emerged. Koshy and colleagues analyzed a traffic pattern in Bitcoin and discovered that some subsets of Bitcoin addresses can be mapped to an IP address simply by observing transaction relay traffic (Koshy et al., 2014). Feld and colleagues created a tool to traverse the Bitcoin network and generate statistics based on it. With the tool, the average peer list contains addresses that are mostly located in the spouses' own autonomous systems. Therefore, the authors claim that transaction linking may be possible.

In addition, various studies have been done to increase the privacy and the use of various address mixer algorithms has been presented. Herrera-Joancomartí offers one of them. He proposed a mix of services to solve the anonymity reduction. Some trials are examined to see the services. A proposed mixing transaction enables the users to move Bitcoins from sender's address to client without a clear trace linking between addresses. Such transactions can help to improve anonymity when transaction linking becomes more challenging (Herrera-Joancomartí, 2015). There are more examples like CoinParty, a decentralized mixing service for Bitcoin based on a combination of decryption mix-nets with threshold signatures (Ziegeldorf et al., 2015). One of the most remarkable applications is the ZeroCoin (EZC) plug-in, which has been proposed to hide the transaction value and address balances at Bitcoin for increased privacy. ZeroCoin acts as a temporary currency to block the traceability of money, but does not hide the transaction and balance number of Bitcoin addresses. Suggested improvements include mixing Bitcoins before they reach a destination from a variety of sources, and mixing EZC style payments before they need to be recycled back to Bitcoin (Androulaki & Karame, 2014). The examples listed show that Blockchain is lacking in data privacy. In order to overcome these shortcomings, we can say that there are still open points and that the number of works needs to be increased.

## 3. Results and Discussion

With Bitcoin's attack in finance, a new wind began to flow in the stock market, and with the emergence of many new crypto money, the crypto money market has become a new area of finance. Although Blockchain technology is the technological infrastructure of Bitcoin, awareness is not as high as Bitcoin. Despite it was found in 1992, its first use was in the shadow of Bitcoin, influenced by the fact that it was with Bitcoin in 2008.

However, due to the features that it provides; Without Blockchain technology, the Bitcoin system would not work. As the dazzling offer of Bitcoin; through the decentralized structure, buyers and sellers can meet directly on a platform and make their purchases securely, without involvement of any third party. The reason for the interest in Blockchain is that it enables providers and clients to securely transact directly with each other without the need for a third party's approval. In order to make this transaction between the parties secure, the entire process in the system is kept in a distributed database using cryptography. In order for the data in this distributed database to be manipulated, the relevant manipulation intervention must be done and recorded on the data on all computers. In order for any cyber-attack attempt to be successful, more than 50% of the computers in the system must approve this change on the data, making the probability of the attacks to be successful almost impossible. Advantages such as security, no-intermediation, transparency in data acquisition make Blockchain technology attractive. Beside of all these advantages, there are some issues that need to be addressed for Blockchain technology. These can be listed as throughput, latency in processing, size and bandwidth, some security vulnerabilities, resource waste for adding a new block to chains, usability, and privacy. In this article, we will discuss these issues that need to be addressed for Blockchain technology. Throughput is the first issue that needs to be handled. In order to compete with big actors of finance sector like VISA, Blockchain network needs increase its current level from 7 tps to higher level. In similar manner, latency is another point that should be improved to rival with companies like VISA. Size and Bandwidth of the system will be a problem when the usage of the system is increased. Thus, the limitation in that case needs to be disappeared. Because of PoW validation method, energy consumption is pretty high. Therefore, alternative consensus methods or improvement in PoW method is needed to avoid energy waste. Also because verification in the system with PoW method can only be done by approving by more than 50% of the participants, the majority of the mining pool being seized by a single user may damage the concept of decentralized structure. Usability of the system is needed to be developed in order to have a standardized user-friendly infrastructure. Lastly, although Blockchain serves users to a transparent system that all transactions could be seen by participants, it may lead to a lack in data privacy. The privacy of the data should be developed for situations such as deciphering the addresses of the participants.

#### 4. Conclusions and Recommendations

To summarize, the continued success of Blockchain technology is vital for Bitcoin and other cryptographic currencies survival. One of the most important issues in ensuring the continuity of this success and taking it further is raising the maturity level of technology. The higher the maturity level of the technology, the easier it will be to embody its capability. Thus, with the applications to be developed, it will be possible to prove how much of the advantages promised by the blockchain technology can be gained. In order to experience all these positive developments, it is seen that there are problems that need to be solved. The number of efforts to remove these restrictions should be increased. In addition, with the increase in the number and application of new types of applications being developed, technically problematic points related to technology will become clearer and faster to be removed. This will speed up

the maturity of technology and increase the value of crypto currencies like Bitcoin.

#### References

- Androulaki, E., & Karame, G. O. (2014). Hiding transaction amounts and balances in Bitcoin. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8564 LNCS, 161–178. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08593-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08593-7_11)
- Bitcoin Pool Stats. (2021). BTC.Com. <https://btc.com/stats/pool>
- Bitcoinwiki. (2018). *Block*. Bitcoinwiki. <https://en.bitcoin.it/wiki/Block>
- Cridle, C. (2021). Bitcoin Consumes More Electricity than Argentina -. *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/technology-56012952>
- Eyal, I., Gencer, A. E., Sirer, E. G., & van Renesse, R. (2015). *Bitcoin-NG: A Scalable Blockchain Protocol*. <https://doi.org/abs/1510.02037>
- Herrera-Joancomart', J. (2015). Data privacy management, autonomous spontaneous security, and security assurance. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8872, 3–16. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17016-9>
- Hyperledger. (2018). *Hyperledger Community*. <https://www.hyperledger.org/announcements/2017/07/25/hyperledger-adds-cisco-as-a-premier-member>
- Investopedia. (2018). *Double-Spending Definition*. <https://www.investopedia.com/terms/d/doublespending.asp>
- Kasey Panetta. (2017). *Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 - Smarter With Gartner*. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- Koshy, P., Koshy, D., & McDaniel, P. (2014). An analysis of anonymity in bitcoin using P2P network traffic. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8437, 469–485. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-45472-5\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-662-45472-5_30)
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 9. <https://doi.org/10.1007/s10838-008-9062-0>
- Tasca, P., & Tessone, C. J. (2018). Taxonomy of Blockchain Technologies. Principles of Identification and Classification. *ArXiv*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2977811>
- The Economist. (2015). *The great chain of being sure about things* -. *Blockchains*. <https://www.economist.com/briefing/2015/10/31/the-great-chain-of-being-sure-about-things>
- Vitalik Buterin. (2016). *Privacy on the Blockchain*. <https://blog.ethereum.org/2016/01/15/privacy-on-the-blockchain/>
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on Blockchain technology? - A systematic review. *PLoS ONE*, 11(10), 1–27. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>
- Ziegeldorf, J. H., Grossmann, F., Henze, M., Inden, N., & Wehrle, K. (2015). CoinParty: Secure Multi-Party Mixing of Bitcoins. *Proceedings of the 5th ACM Conference on Data and Application Security and Privacy*, 75–86. <https://doi.org/10.1145/2699026.2699100>



## Sağlık Alanında Karma Gerçeklik

Dilara Doğan<sup>1\*</sup>, Tolga Erol<sup>2</sup>, Arif Furkan Mendi<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6139-5200), [ddogan@havelsan.com.tr](mailto:ddogan@havelsan.com.tr)

<sup>2</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3015-0910), [terol@havelsan.com.tr](mailto:terol@havelsan.com.tr)

<sup>3</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0750-4012), [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009810)

**ATIF/REFERENCE:** Doğan, D., Erol, T. & Mendi, A. F. (2021). Sağlık Alanında Karma Gerçeklik. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 11-18.

### Öz

Düşündüğümüz tasarımları, nesnelere, sistemleri hayal hızından sadece biraz yavaş olacak şekilde gerçek dünyamız ile etkileşimli olarak gözlerimizin önüne serilmesini sağlayan karma gerçeklik teknolojisi, gerçek ve sanal nesnelere bir arada bulunduğu ve gerçek zamanlı olarak etkileşime girdiği, yeni ortamlar ve görselleştirmeler üretmek için gerçek ve sanal dünyaları buluşturan bir gerçeklik türüdür. Eğitimden sağlığa, oyundan pazarlamaya kadar pek çok alanda uygulama örnekleri yaygınlaşan bu teknoloji; gelişen donanım ve internet alt yapılarıyla daha farklı bir boyuta taşınacaktır. Teknolojinin temelinde hayal etme, keşfetme, daha iyi gözleme, öğrenme ve uygulama faaliyetlerini en iyi şekilde deneyimlenmesini sağlamak yatmaktadır. Bu sebeple uygulamalı eğitimin gerekli olduğu, örneğin sağlık ve tıp alanındaki eğitim süreçlerinin daha kaliteli hale getirilmesine yardımcı olması bakımından karma gerçeklik önemli bir yere sahiptir. Teşhis tedavi süreçlerinin daha doğru, hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Gün geçtikçe daha da gelişen dijital ikiz, yapay zekâ ve diğer karma gerçeklik altyapısını oluşturan teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte karma gerçeklik teknolojisinin de daha hızlı bir ivmeyle daha çok alanda yaygınlaşması beklenmektedir. Yapılan bu çalışmada teknolojinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilecek, ardından teknolojinin sağlık alanındaki uygulamaları ve gelecek öngörülerini ele alınacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Karma Gerçeklik, Sağlık Uygulamaları, Artırılmış Gerçeklik.

## Mixed Reality Technology in Healthcare

### Abstract

Mixed reality technology, which enables the designs, objects, systems we think of to be revealed interactively with our real world at only a little slower than the speed of imagination, real and virtual worlds to produce new environments and visualizations where real and virtual objects coexist and interact in real time. It is a kind of reality that brings together. This technology, which has become widespread in many fields from education to health, from games to marketing, will move to a different dimension with developing hardware and internet infrastructure. The basis of technology is to enable the best way to experience the activities of imagination, discovery, better observation, learning and application. Therefore, mixed reality has an important place in terms of helping to improve the quality of education processes in the field of health and medicine, where applied education is necessary. It also enables diagnosis and treatment processes to be performed more accurately, quickly and effectively. In this study, after discussing the studies in the field of health in the literature, the requirements of technology were examined. After evaluating the advantages and disadvantages of technology, the applications of technology in the field of health and our future predictions are mentioned. It is expected that the technology will become widespread in more areas with a faster acceleration with the development of the technologies that make up the developing digital twin, artificial intelligence and other mixed reality infrastructure.

**Keywords:** Mixed Reality, Healthcare Applications, Augmented Reality.

\* Sorumlu Yazar: HAVELSAN, Simülasyon Otonom ve Platform Yönetim Teknolojileri, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6139-5200, [ddogan@havelsan.com.tr](mailto:ddogan@havelsan.com.tr)



## 1. Giriş

Ünlü düşünür Konfüçyüs'ün 'Duyduğumu unuturum, gördüğümü hatırlarım, yaptığımı anlarım' sözünde ifade ettiği gibi bir şeyi öğrenmenin en iyi yolu onu uygulamak yoluyla öğrenilmesidir. Çoğu eğitim süreçlerinde de bu ilke esas alınarak pratik ve uygulamaların olabildiğince arttırılabilmesi önemsenmektedir. Eğitim programları da buna uyumlu olacak şekilde hazırlanmaktadır. Uygulama imkânı olmayan veya kısıtlı olan durumlarda ise görsel materyal kullanımına, görüntüleme ve görselleştirmeyle ilgili teknolojilere önem verilmiştir. Bilim de birçok alanda görülmeyeni ve bilinmeyi keşfetmek, anlamak ve anlamlandırmak amacıyla çizimler, resimler ve modeller kullanılmaktadır. Kullanılan bu materyaller ile ilgili kavram ve teknolojinin daha iyi anlaşılması mümkün olabilmektedir. Yeni nesil teknolojilerden olan artırılmış, sanal ve karma gerçeklik teknolojileri görselleştirme, hayal etme ve uygulama ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ortaya çıkmıştır. Sanal gerçeklikle gerçek dünyadan bağımsız olarak yeni gerçeklikte bir dünya tasarlanmakla birlikte, artırılmış gerçeklik ise gerçek dünya üzerinden işlemler yapmayı sağlarken, karma gerçeklikte ise artırılmış gerçekliğin bir adım önüne çıkarak sanal nesnelerin gerçek dünyaya hem konumlandırılması hem de sürekli etkileşim halinde olmaktadır. Karma Gerçeklik (Mixed Reality) terimi ilk defa, 1994 yılında Paul Milgram ve Fumio Kishino'nun kaleme aldığı "Karma Gerçeklik Görselleştirmelerinin Sınıflandırılması" (A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays) makalesinde bahsedilmiştir (HoloNext, 2020). Çalışmada bahsedilen bu teknoloji Microsoft tarafından bir ürün haline getirilerek 2016 yılında dünyaya sunuldu. Sonrasında ise hızla geliştirilip, eğitimden sağlığa kadar pek çok sektöre yönelik uygulama ve ürünler geliştirilerek geliştirilmeye devam edildi.

Karma gerçeklik, artırılmış ve sanal gerçeklik iş birliği potansiyeli sunmaktadır. Bu alanlar birbirleriyle nesnelerin internetinin sunduğu imkânlarla kesişebilmektedir. Bu karşılıklı dönüşüm dijital ikizler, blockchain ve yapay zekâ gibi pek çok teknolojinin de yeni kullanım alanlarına sahip olmasına neden olmaktadır. Dijital nesnelerin sanal nesnelerle daha da gelişmiş ve ayırt edilemeyen bir şekilde bir arada bulunması kullanıcılara farklı deneyimleri bir arada yaşayabileceği yeni bir dünyanın oluşmasına da yardımcı olacaktır. Gerçekliği arttıracak veriler her yerde mevcuttur, her şeyden ilgili veriler elde edilebilir. Eğitim, sağlık, iş dünyası, askeri, karar verme süreçleri gibi birçok alanda karma gerçeklik kullanılabilmektedir.

Özellikle sağlık ve tıp eğitimlerinde kullanılacak uygulamaların eğitim kalitesinin arttırılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Tıpta sadece eğitim alanında değil, aynı zamanda teşhis ve tedavi süreçlerinde de hem sağlık personeline hem de hastalara yardımcı olması beklenmektedir. Bunun yanı sıra dijital ikiz teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda da dokuların, organların hatta insanların dijital ikizlerinin yapılması sonucunda, bu ikizler karma gerçeklik teknolojisiyle entegre olarak kullanılabilir. Böylece hastaların dijital kopyalarının karma gerçeklik ile detaylı olarak görselleştirilmesi çeşitli durumlarda teşhis ve tedavi süreçlerini hızlandıracaktır. Hatta yapay zekâ sistemleriyle teşhis konulabilmesi mümkün olacaktır.

Yaptığımız bu çalışmada öncelikle karma gerçeklik teknolojisine doğru ilerlerken karşılaştığımız temel kavramlardan bahsettik. Ardından teknolojinin literatürdeki kullanımı ve yapılan çalışmaları irdeledik. Teknolojinin avantaj ve dezavantajları inceledikten sonra, teknolojinin kullanımı için

gereksinimleri ele aldık. Ardından sağlık alanında karma gerçeklik uygulamalarını ve mevcut çalışmalar sonucunda elde edilen bilgi birikimi sonucunda gelecek öngörülerimize yer verdik.

## 2. Temel Kavramlar

### 2.1. Sanal Gerçeklik

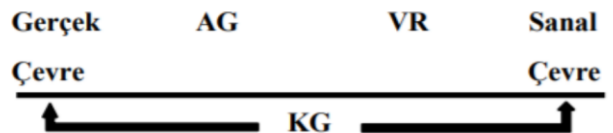
Sanal gerçeklik (SG), kullanıcılara tamamen sanal olarak oluşturulmuş bir dünya deneyimini o dünyada olduğu deneyiminin yaşatıldığı bilgisayar tabanlı ortamlarla sağlanmaktadır. Kullanıcılar, çeşitli donanımlarla (kontroller, kast veya gözlük) oluşturulan bu sanal dünyaya dâhil olarak çeşitli aksiyonlar gerçekleştirebilmektedir. İlgili sanal ortama girdikten sonra bir manada gerçek dünya ile iletişimini keserek sanal dünya deneyimini yaşamaktadır. Başa takılan ekran veya başlık kullanarak konsol veya bilgisayara bağlıyken dokunmatik kontroller yardımıyla nesnelere hareket ettirilebilme veya yönlendirmeye bilgisayarla oluşturulmuş görüntü ve ses dünyasını deneyimleme fırsatı sunulmaktadır.

### 2.2. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AG), gerçek dünyadaki ortam ve içindekilerin, sanal ortamda üretilen; ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı görünüm olarak ifade edilebilir. Artırılmış gerçeklikte, kullanıcılar sanal içerikler eklenirken gerçek dünyayı görürler ve etkileşime girerler. Basitçe gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesi ve artırılması anlamına gelmek birlikte esasında gerçek dünya nesnelerinin üzerine sanal veriler yerleştirmesine dayanmaktadır. Pokémon GO, teknolojinin en iyi bilinen örnekler uygulamalarından biri olup teknolojinin herkesçe tanınır hale gelmesinde etkisi büyüktür.

### 2.3. Karma Gerçeklik

Karma gerçeklik (KG), artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojilerinden sonra çıkarak, geliştirilmiş bir artırılmış gerçeklik deneyimi olarak ifade edilebilmektedir. Karma gerçekliğin artırılmış gerçeklikten farkı sanal nesnelerin gerçek ortamlarda gerçek nesnelere gibi konumlandırılmasıdır. Bu konumlanma gerçek zamanla ve gerçek nesnelere hizalanarak gerçekleştirilmektedir yani sanal nesnelere sadece gerçek dünya üzerine bindirilmez, aynı zamanda onunla sürekli olarak etkileşime girebilmektedir. Karma gerçeklikte sanal ve gerçek veriler aynı ortamda birleştirilmesiyle sanal verinin gerçekliğinin artırılması sağlanırken var olan gerçek ortamında sanal verinin kullanılabilmesi ortamlara dönüştürülmesi sağlanmaktadır (Park et al., 2012). Bu dönüşümler, gerçekliğin algılanış biçimini de şekillendirmektedir.



Görsel 1: Artırılmış, Sanal ve Karma Gerçeklik Teknoloji İlişkileri

Artırılmış, sanal ve karma gerçeklik için önemli olan terimler ve açıklamalar Tablo 1'de görülmektedir.



Tablo 1. Artırılmış, Sanal ve Karma Gerçeklik için Önemli Olan Terimler ve Açıklamaları (Intel, 2020)

Terim	Açıklama
<b>Saniye başına düşen kare sayısı (FPS)</b>	Sistemin birbiri ardına görüntüleri veya kareleri yayımlayabileceği frekans değeridir. İyi bir kullanıcı deneyimi oluşturmak ve görüntü akışının düzgün olabilmesi için 60 FPS'den fazla olmalıdır kare hızı.
<b>Görüş alanı</b>	Görülebilir dünyanın gözlemlenebileceği açının tarandığı alandır. Görüş alanının gerçeğe göre dar olması doğru ve rahat bir kullanıcı deneyimi sağlamayacaktır.
<b>Serbestlik Derecesi (DoF)</b>	Bir nesnenin hareket edebileceği veya dönebileceği yön sayısıdır. Gerçek dünyada çok boyutlu bir şekilde nesnelere hareket etmektedir. X,y ve z eksenlerinin yanı sıra dikey, yatay ve boylamsal dönme eksenlerinde göz önüne alınmaktadır. Ne kadar fazla serbestlik derecesi varsa o kadar geçkinci bir kullanıcı deneyimi sağlanır.
<b>Gecikme süresi</b>	Mevcut sistemin komutlara cevap verirken geçen zamandır. Gerçeklik deneyiminin kaliteli bir şekilde sağlanması için gecikme süresinin minimum düzeyde tutulması önemlidir.

### 3. Literatür Özeti

Eğitim teknolojiler düşünüldüğünde artırılmış, sanal ve karma gerçeklik teknolojileri öncelikli olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle tıp gibi eğitim süreçlerinin maksimum verimlilikte verilmesi kritik öneme sahip olan alanlarda görüntüleme teknolojileri aktif olarak kullanılmaktadır. Google Glass ile daha ön plana çıkan karma gerçeklik teknolojisi tıp eğitimindeki uygulamaların etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi için geliştirilmiştir. Mobiliteye sahip saydam cama sahip gözlüklerle nerdeyse normal gözlüklerden ayrılmayacak kadar iyileştirilmiş donanımlarla artırılmış gerçeklik ekranlarını gözlerimizin önünde taşıyabilmekteyiz. Bunun yanı sıra kullanıcının gözünü çevirdiği yöne odaklanarak buna uyumlu hareket eden akıllı kamera sistemi ile bir eğitmen tarafından kullanılması durumunda uygulamalı derslerin detaylı bir şekilde kayıt altına alındıktan sonra izlenmesi mümkün olabilmektedir. Başlangıçta teknoloji normal bir gözlüğe küçük ebatlarda Android bir cihazın eklenmesiyle göz önüne tek taraftan gelen sanal bir yansılarla bildirim ve görüntüleri iletirken, Microsoft'un HoloLens ile yapmış olduğu önemli bir atılım olan karma gerçeklik teknolojisiyle birlikte kadavra diseksiyonlu anatomi eğitimlerinin yenilikçi bir yaklaşımla dijital simülasyonlar yardımıyla yapılabileceğinin önemli bir örneği olmuştur. Cleveland Klinik ve Case Western Reserve Üniversitesi tarafından tıp eğitiminde kullanılan karma gerçeklik teknolojisiyle oluşturulmuş olan HoloLens, alışılmışın dışında insan anatomisini 3B hologramlar kullanarak görselleştirerek uygulamalı eğitim için farklı bir deneyim sunmaktadır. Hologramlar sayesinde tek bir kesitte bulunan farklı doku ve sistemlerin ayrı olarak da incelenerek dokusal geri bildirimde de bulunulabilmektedir.

Başlangıçta kullanılan sanal gerçeklik gözlükleri yüksek performans ve işlem gücünden dolayı kablolu olarak tasarlanmıştır. Kablolu gözlüklerin kullanımı ise pratik olmamakla birlikte aynı zamanda karmaşa oluşturmaktaydı. Hem görsel olarak hem de kullanım olarak portatif gözlüklerin, önce 2013 yılında Google Glass devamında 2016 yılında HoloLens'in Microsoft tarafından piyasaya çıkarılmasıyla birlikte yeni bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Bu yaklaşımda her gözlüğün kendi

işlemcisi kendi içinde yer alacak şekilde bir mimari oluşturulmuştur. Cerrahi müdahalelerin robotlar tarafından yapılabilmesiyle küçük kesi yöntemlerinin yaygınlaşmasıyla önü açılarak gelişen klasik açık cerrahi yöntemlerinin yerini küçük kesi yöntemleri almaya başlamıştır. Teknolojinin gelişimiyle bu tekniğin yaygınlaşmasının yanı sıra operasyonlara olan güven de artmaktadır. Son yıllarda kullanıma sunulan Microsoft HoloLens-2, Philips ve Microsoft'tan yeni nesil cerrahi yöntemlerde kullanılmak amacıyla önemli bir proje niteliği taşımaktadır. Küçük kesiler yoluyla cerrahide kullanılan kateter gibi özel aletlerin keşiden içeriye ilerletilerek X-ray, ultrason veya mikro kameralar gibi görüntüleme teknik ve teknolojilerinin yanı sıra navigasyon teknolojilerini kullanarak kalp, beyin, karaciğer vb. diğer organları tedavi süreçlerinde kullanılmaktadır. Gerek hastalıkların teşhis süreçleri için gerekse tedavi süreçleri için bu görüntüleme teknolojileri kullanılmaktadır (Groves, 2019).



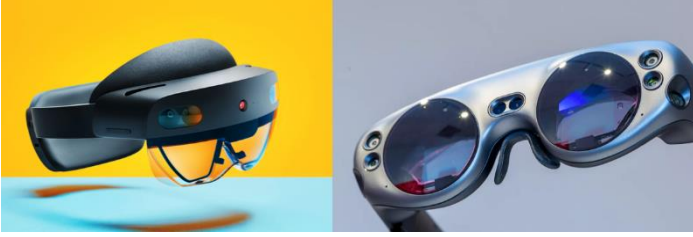
Görsel 2: Cleveland Klinik ve Case Western Reserve Üniversitesi HoloLens Kullanımı (Case Western Reserve University, 2016)

Görüntüleme metotları genellikle yüzey oluşturma ve hacim oluşturma olmak üzere iki temel prensibe dayanmaktadır. Kökeni daha eskilere dayanan yüzey oluşturma prensibinde çözünürlük kapasitesi aynı anda sadece tek bir doku tipini fark edebilmekle birlikte yüzey oluşturan 2B yöntemler doku ve organlar arasındaki ilişkilerin incelenmesi konusunda yeterli olmaması ve düzlem üzerinde izlemede kısıtlı kalmasıyla birlikte 3B yöntemlere yani hacim oluşturmaya yönelik prensibin geliştirilmesi yönünde bir motivasyon ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra farklı yoğunluk değerlerine sahip organların dış hatlarının birbirlerinden ayrılması kolay iken yakın yoğunluğa sahip olanlarda farkın ayırt edilmesi oldukça zordur. 3B yöntemi yani hacim oluşturma yöntemiyle farklı yoğunluklara sahip farklı dokuların yoğunluklarına göre farklı renklerle renklendirilmesi durumu söz konusudur. Dünya genelinde yapılan yıllık 600 milyon tıbbi görüntülemenin yarısında 3B teknik kullanılmaktadır. Fakat elde edilen bu sonuçların 2B de izleniyor olması bu alanda istenilen seviyede bir görselleştiril olup olmamasını akıllara getirirken böyle bir ihtiyacın olduğuna da vurgu yapmaktadır. Uygulanan tekniklerin izlenmesi amacıyla 3B da görüntü elde etmek amacıyla "Echopixel" görüntüleme uygulaması tasarlanmıştır. Tıp alanında karma gerçeklik teknolojisini ele alan uygulama BT, MRG, PET ve ultrasondan elde edilen verilerin 2B monitörden 3B ortama aktararak ilgili doku ve organların incelenmesini sağlamaktadır. Cihazın monitörü, kullanıcının baş hareketlerine göre görüntü alan dört farklı kameraya sahipken, damar uzunluklarının ölçümünü hedef alan bir çalışmada Echopixel'in kullanım avantajları, 3B ekran ve dokusal geribildirim sayesinde yöntemin geliştirilmiş tekrarlanabilirlik ve yüksek doğruluk oranıyla ölçüm sağladığını ortaya koyulmuştur. Yapılan diğer bir çalışmaya göre siroz hastalığına sahip hastaların damarlarındaki değişimlerin takip

edilmesi ve gerekli durumlarda yapılacak olan kateterizasyon işlemi doku ve organlara daha iyi hâkim olunarak daha iyi bir manevra kabiliyeti sunmaktadır. Görüntüleme teknolojileri sağlık alanında kullanımının oldukça önemli ve vazgeçilemez bir yere sahip olduğu yapılan çalışmalarla görülmektedir.

#### 4. Teknik Gereksinimler

Artırılmış, sanal ve karma gerçeklik teknolojilerinin gerçekleştirilebilmesi sadece bilgisayar üzerinde alışılabildiği test edilmesi şeklinde olmayıp gözlük kullanımına da ihtiyaç duyulmaktadır. Geçmişte normal bir gözlüğe, ayrı bir modülden masa üstü bilgisayar, dizüstü bilgisayar ya da mobil telefon kameraları açıldıktan sonra aktive olan programın holografik modeller eklemesi ile oluşurken, artık giyilebilir görüş sistemleri ya da sanal gösterge panelleri yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Kullanımı giderek artan giyilebilir görüş sistemlerinin video, optik ve görüş alanına yansıtıcılar olmak üzere 3 farklı çeşidi bulunmaktadır. Optik arayüzlü giyilebilir görüş sistemlerine örnek olarak Google Glass, Microsoft HoloLens ve Magic Leap gözlükler verilebilir. Bu tip gözlüklerin çalışma prensipleri genel olarak aynı olmakla birlikte ağırlıkları, büyüklükleri, tasarımları, elektromanyetik, hareket takip sistemleri farklıdır. Genel çalışma prensibi olarak şeffaf olan gözlük camlarıyla dış dünyayı görebilirken, görüş alanına veya hedef objenin üzerine ilgili sanal görüntü eklenmektedir. Gözlükler sesli komutlarla, el hareketleriyle veya kontrol edici diğer donanımlar kullanılarak arayüz üzerinden menü değiştirme, programlarla ilgili tercihleri yapılarak kontrol edilebilmektedir.



Görsel 3: HoloLens 2 ve Magic Leap One (Steiger, 2020)

Karma gerçeklik, donanım gereksinimleri diğer birçok teknolojiye oranla daha yüksek seviyede olsa da kullanım alanı oldukça geniş bir teknolojiye sahiptir. Yüksek CPU, GPU ve bellek gerektirmekle birlikte bileşenlerin birbirleriyle senkronize çalışacak yüksek performansla sahip olması gerekmektedir. Henüz herhangi bir donanım kullanmadan karma gerçeklik teknolojisini kullanmak mümkün olmasa da karma gerçeklik kavramını gerçek dünyaya taşıyan karma gerçeklik gözlükleri piyasaya çıkmış olup tüm dünyanın gözlerini üstüne çekmiştir. Karma gerçeklik gözlüklerinin çalışma prensibi ve kullanılan donanımları şöyledir: Takılan saydam ya da yarı saydam gözlükler sayesinde mekânda holografik görüntülerin görüntülenmesini sağlar. Etkileşimlere izin vermek için bakış, ses ve jestleri bütünleştirir. Böylelikle 3D görüntünün ne alanda nasıl kullanılması gerektiği kişinin donanım ve hayal gücüne kalarak her alanda kullanılmasına olanak tanır. Gözlüklerin temel donanım birimleri aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

- Holografik İşlem Birimi (HPU- gerçek ve hologram verilerini birleştiren bir işlem birimi)
- Üst düzey CPU (bilgisayar işlem birimi) ve GPU (grafik işlem birimi)

• Ataletsel ölçüm birimi (IMU – bir vücudun özgül kuvvetini, açısal hızını ve vücudun yönünü ölçen ve raporlayan elektronik bir cihaz) IMU; ivmeölçer, jiroskop ve manyetometre içerir.

- Gelişmiş sensörler (baş izleme, göz izleme, kamera)
- Mikrofon
- Video Kamera

#### 5. Teknolojinin Avantaj ve Dezavantajları

##### 5.1. Teknolojinin Avantajları

Karma gerçeklik teknolojisinin sunmuş olduğu avantajları aşağıda verilmektedir.

• Sağlık personelinin hızlı teşhis, tedavi ve acil müdahalede bulunmasını sağlayacak bir performansa sahip olan teknoloji uzaktan bu süreçlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülmesine veya sanal hasta konsültasyonlarının gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

• Kişiselleştirilmiş tıpta klinik teşhislerin konulması ve bu teşhislere uygun kişiselleştirilmiş tedavi uygulama planlarının gerçekleştirilmesi süreçlerinin iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır.

• MRI ve BT taramaları gibi tetkikleri, ameliyattan önce ve ameliyat sırasında uzmanlara ve cerrahlara yardımcı olmak ve böylece hassasiyeti artırmak ve ek müdahale ihtiyacını azaltmak için kullanılmaktadır.

• Eğitime ve tıp dünyasına yeni bir yaklaşım getiren, eğitim etkinliği ile öğretmen ile öğrenci üzerinde, ameliyathane ve muayenehanede doktorlar üzerinde MR kullanılmasının birçok avantajı bulunmaktadır.

• Prosedürler sanal olarak vücuda hiçbir zarar vermeden birçok kez tekrarlanabilir.

• Sanal bedenin ölmesi gerekmez-gerçekçi görselleştirmeler için birçok işlev simüle edilebilir.

• Organlar şeffaf ve hareket halinde modellenilebilir.

• Korkulan durumların, cerrahi operasyonların eğitim ve MR simülasyonlarında sınırsız tekrarını yapabilmek ve deneyimi artırmak mümkündür.

• Hastaların kendi durumlarını, tedavilerini, ameliyatlarını ve iyileşmelerini öngörmelerine yardımcı olunabilir.

• Acil durumlarda halk için sağlık hizmeti sağlayıcılarının ve hayat kurtaran ekipmanların (defibrilatör gibi) konumları haritalandırılabilir.

• Gerçek 3D Ultrason deneyimi sağlanabilmektedir.

3D Görselleştirme tıpta birçok alanda yararlıdır. Bunlar:

- Anatomik yapıların görselleştirilmesi
- Bireysel hasta anatomisi
- Resimli ameliyat prosedürleri
- Radyasyon terapisini planlamak
- Bireysel anatomik modellerin görselleştirilmesi

## 5.2. Teknolojinin Dezavantajları

Artırılmış ve karma gerçeklik teknolojinin kullanımında tercih edilen donanımların gerçek görüş alanı ve mekânlarla ilişkilendirilip gösterilmesi sonucunda bu teknolojileri kullanırken gerçek dünyadan kopma, bağımlılık yapma gibi mental ve ruhsal; baş dönmesi, mide bulantısı gibi fiziksel semptomlara sebep olmazken sanal gerçeklik gözlüklerinin kullanımında bu semptomlar görülmektedir (HASPULAT, 2021). Bunun yanı sıra teknolojinin bazı dezavantajlı görülebilecek noktaları aşağıda özetlenmiştir.

- Ekranların göz sağlığına genel olarak zarar verdiği bilinmektedir. Karma gerçeklik gözlüklerinin göz sağlığını bozacağı düşünmekteyiz fakat bu konu ile ilgili henüz net bir bilgi bulunmamaktadır.

- Karma gerçeklik uygulamalarının maliyetleri henüz istenen seviyelerde değildir. Teknolojinin aktif kullanımı için ihtiyaç duyulan donanım alt yapısının yüksek seviyede olması maliyetli olmaktadır.

- İhtiyaç duyulan altyapı ve donanım ihtiyaçlarıyla birlikte yetkin personel bulunması konusunda tedarik sıkıntıları meydana gelebilmektedir.

- Artırılmış ve karma gerçeklik uygulamaları için içerik üretmek, gerekli alt yapıları sağlayacak yeterlilikte uygulamaların geliştirilmesi için yüksek bilgi ihtiyacı, ortamlar arasındaki veri taşıma alt yapı eksikliği, geliştirme ve bakım masrafları göz önüne alındığında zorlayıcı ve masraflı bir süreç gerektirebilmektedir.

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının önündeki dezavantajların teknolojinin ilerlemesi ve zaman içinde olumlu sonuçların alınması ile birlikte yönetilebilir hale getirilmesi ya da uzun vadede ortadan kaldırılması değerlendirilmektedir.

## 6. Karma Gerçekliğin Sağlık Alanında Kullanımı

Sağlık, birçok konuda hata kabul etmeyen, yapılan hatalar sonucunda ağır bedellerin ödenebildiği, eğitim ve uygulamalarının çok dikkatli bir şekilde yürütülmesi gereken bir alandır. Bu sebeple sağlık alanında geliştirilen teknolojilerde hataların önlenmesine ve daha iyi bir eğitim imkânı sunmaya yönelik olacak şekilde bir gelişim sergilemiştir. Ultrason, MR, EKG gibi cihazlar özellikle tıpta tanı koyma ve tedavi süreçlerinde oldukça önemli bir yere sahip görüntüleme teknolojileriyle üretilmiştir. Bu teknolojilere ek olarak sağlık biliminde her gün yeni teknikler, yeni teknolojiler çıkmaya devam etmektedir. Bu gelişmelerle birlikte AG, SG ve KG teknolojileri de sağlık alanında kullanımlarına yönelik uygulamalar yaygınlaşmaya başlamıştır.

Karma gerçekliği kullanmaya uygun en önemli alanlardan biri de eğitimdir. Eğitimde kullanılması olası alanlar incelendiğinde ise uygulama ağırlıklı alanlarda daha faydalı ve maliyet etkin çözümler sunmaktadır. İlgili uygulama ortamı fiziksel olarak nelere sahipse sanal olarak da aynı olacak şekilde modellenebilmektedir. Sanal nesnelere ne kadar gerçeğe yakın olursa eğitimin kalitesi o kadar gerçek uygulamalı eğitime yakın olacaktır. Karma gerçeklik sadece eğitimle sınırlı kalamayarak üretim, tasarım, geliştirme, raporlama, analiz, kalite kontrol, dağıtım gibi alanlarda da önemli hale gelmeye başlamaktadır.

Özellikle tıp gibi uygulamanın önemli olduğu alanların eğitimlerinde karma gerçeklik teknolojisinin kullanımı önem arz etmektedir. Visual3d Medical, HoloForge Interactive karma gerçeklik ile tele-tıp alanlarında holografik tıbbi ve cerrahi çözümler sunmaktadır. HoloLab artırılmış, sanal ve karma gerçeklik kullanarak gerçek ve sanal dünyaların birbirlerine bağlanmasını sağlarken, apoQlar yapay zekâ kullanılarak karma gerçeklik temel alan tıbbi uygulamalar geliştirmektedir. Medivis de benzer şekilde artırılmış gerçeklik ve yapay zekâ kullanarak daha spesifik olarak cerrahiye yönelik ileri seviyede görselleştirmeye yönelik çalışmalar yapmaktadır.

Şimdiye kadar tıpta deneysel araştırma ve eğitim temel olarak plastik modellerin diseksiyonuna ve incelemesine dayanıyordu. Bilgisayarlı 3B insan modelleri, tıpta araştırma ve eğitim için yeni bir yaklaşım sağlamıştır. Anatominin tam olarak anlaşılması ya da hastalığın tam olarak nerede nasıl görüldüğünün bilinmesi hem hastalığın teşhisinde hız kazandırırken hem de daha anlaşılır görüntüler sayesinde teşhis ve tedavi süreçlerinde iyileştirme sağlanmış olur.

Tıbbi araştırma için kadavra sıkıntısı nedeniyle, tıp eğitiminde sanal kadavra kullanmak büyük kolaylık ve avantaj sağlamaktadır. Tıp eğitiminde, bilgisayardaki bir insan vücudunun gerçekçi bir taklidinin kullanılmasıyla sürdürülen eğitim daha yararlı olacağı görülmektedir. Bunun yanı sıra tıp eğitimi sürecinde kadavra bulma problemi söz konusudur. Ayrıca kadavra eğitimi birçok açıdan gerçekçi olmaması gibi birçok dezavantajlara sahiptir. Örneğin bir stajyer kadvrada kan damarı keserse, kan kaybı vs. gibi olumsuzlukları göremeyeceği için gerçekçiliğin yeterli düzeyde sağlanamaması durumu söz konusudur. Bunun yanı sıra kadvralarda yapılan hiçbir işlem tersine çevrilemez. Sanal gerçeklik ile eğitimde ise bir damar kesilince neler yaşanabileceğini görmek ve işlemi geri almak ve yeniden yeni bir strateji ile sürdürmek mümkündür.

Anatomi eğitiminin daha etkili ve verimli hale getirilmesi amacıyla, bir grup tıp öğrencisi tarafından Case Western Reserve Üniversitesinde pilot bir uygulama yapılmıştır. Bu uygulama ile kadvralara, çeşitli kimyasallara ve eğitim esnasında meydana gelebilen alerjik reaksiyonlar olmadan bir anatomi öğrenme modeli üzerinde çalışılmaktadır. Kadvralar tıp eğitimi için çok önemli ancak yaşayan bir insan anatomisini öğrenmek için yeterli değildir. Örnek olarak; ciğerlerin sönmesi, dokuların ve renklerin farklılık göstermesini söyleyebiliriz. Microsoft'un 2016 yılında geliştiriciler ve ticari kullanımlar için piyasaya sunduğu karma gerçeklik gözlükleri ile kullanılabilen HoloAnatomi uygulaması ile öğrencilere gerçek bir insan anatomisi hologramlar ile gösterilebiliyor ve kullanıcılar el hareketleri ve sesli komutlar ile detaylı incelemelerde bulunabiliyorlar. Kadvraların bozulmaması için kullanılan bazı kimyasalların, bazı bünyelerde alerjiye sebep olabilmektedir. Bunun yanı sıra kadvraların korunması ise ayrıca maliyetli bir süreçtir. Örneğin, kadvraların korunması için soğutma ve havalandırma sistemlerinin de yüksek maliyetlere sahiptir. HoloAnatomi ile öğrenmek için harcanan zamandan da tasarruf sağlanıyor. Örneğin, öğrenciler bu uygulama ile tüm dolaşım sistemini görebiliyorlar; böylece tüm vücudu açmak gerekmiyor. Sonbahar döneminde pilot uygulama devam ettirilecek ve öğrencilerin dönem sonunda istenen hedeflere ulaşmış olup olmadıkları değerlendirilecek. Ayrıca birkaç hafta süresince de öğrencilerin bu anatomi üzerinde kampüs dışında, yani anatomi laboratuvarlarına gerek olmadan, çalışmaları da sağlanmış olacak. Başlangıçta değişime karşı direnç olduğunu ve bunun aslında her yeni gelen teknolojiye insanların şüpheye yaklaşmasından kaynaklandığını ancak bir

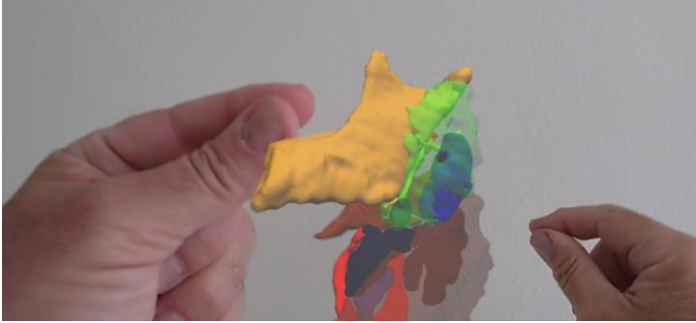


kez deneyimleyen kullanıcıların fikirlerinde değişimler olduğunu da belirtiyor.



Görsel 4: Hololens Cerrahi Operasyonu (Microsoft, 2021)

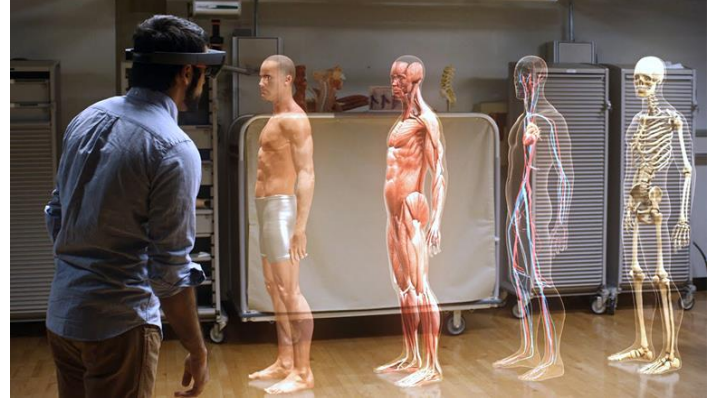
Sağlık alanında karma gerçekliğin uygulamasına dair yaşanan bir başka örnek: Microsoft'un iş ortaklığı yaptığı Apoqlar Holomedicine ile karma gerçekliğin pazarlamasını yapmaktadır. VSI Holomedicine ile yapılan görüntüleme sayesinde bir sinir kurtarıldı. Prof.Dr.Mark McGurk olayı "Vakamız klinik olarak çok zorlayıcı olan ve bir yüz sinirini feda etmeyi düşündüğümüz kötü huylu tümörü olan bir kadın hasta. Bu vakada iki yenilikçi teknolojiyle mümkün kılınan görüntülemeyi kullanarak mevcut prosedürü değiştirebildik: bunlardan birincisi, UCL'den Dr. Morley tarafından parotis bezi boyunca küçük bir yüz sinirini izleme yeteneği, ikinci adımda apoQlar teknolojisi. Görmesi ve anlaması çok kolay olan bu harika görüntüleri elde etmek için VSI Holomedicine kullandık. Bu bizi ameliyatı yeniden planlamaya ve hastanın yüz sinirini kurtarmamıza yardımcı oldu." şeklinde ifade etmiştir (Mcgurk, 2021). Bunun yanı sıra yapılan yapılan birçok cerrahi operasyonda örneğin ortopedi ameliyatlarında da teknoloji aktif olarak kullanılmaktadır (Verhey et al., 2020).



Görsel 5: VSI Holomedicine (apoQlar, 2020)

Microsoft Amerika'nın eski medikal danışmanı Dr. Rafael Grossmann, 2014 yılında Google Glass gözlüğünü Dünya'da ilk kez ameliyatta kullanarak ameliyat esnasında izleyiciler, Dr. Grossmann'ın gözünden ameliyatı bizzat takip etme fırsatı elde etmiştir. 2017 yılında İstanbul Üniversitesi bünyesinde Tübitak 1512 (BİGG) çağrısı kazanarak başlatılan arttırılmış gerçeklik teknolojisiyle yapay zekâ destekli medikal pratik eğitimi simülasyonu geliştirilmesi" projesinin devamında, 2018'de Türkiye'deki ilk arttırılmış ve karma gerçeklik laboratuvarı olan "İ.Ü. Medikal Hologram Laboratuvarı" kurulmuştur. Dr. Grossmann da 2019'da İstanbul Üniversitesi'nde yürütülen "Medikal Hologram Laboratuvarı" projesine de stratejik ortak olarak bu alanda yapılan çalışmalara destek vermiş ve bu çalışmaları "Tıbbın Geleceği" gibi çeşitli uluslararası konuşma ve konferanslarda tanıtmıştır. 2019 yılı sonlarında İstanbul

Üniversitesi, İngiltere'nin köklü hastanelerinden Barts Hospital bünyesindeki Royal London Hospital ile böbrek anatomisi ve böbrek nakli ameliyatlarının sanal gerçeklik ile simülasyonu projesi konusunda ortak olmuştur. Arttırılmış gerçeklik alt yapı çalışmaları birçoğunun genellikle anestezi ve anatomi alanlarında üretildiği görülmüştür.



Görsel 6: Karma Gerçeklik ile Anatomi Demosu (HASPULAT, 2021)

Sağlık alanında HAVELSAN'ın yapmış olduğu bir karma gerçeklik çözümü olan Hapsim (Gerçek Dünya Etkileşimi Olan Haptik Destekli Arttırılmış Gerçeklik Ortam Altyapısının Geliştirilmesi) simülatörü ile sanal nesnelerin gerçek ortam üzerinde oluşturulması, yenilikçi ve özgün bir tasarımı olan simülasyon ortamında gerçek nesnelere kullanarak oluşturulan sanal senaryo ile etkileşime geçilmesi, kullanılacak gerçek nesnelerin herhangi bir yere bağlı olmadan, bağımsız olarak kullanılabilmesi bir simülasyon ortamı geliştirilmesi, kullanılacak gerçek araçlar ile sanal senaryoya dahil olarak gerçekçi kuvvet algısının oluşturulması sağlanabilmektedir.

Doktorlara ve tıp öğrencilerine belirli ameliyatlara, prosedürler ve diseksiyonların nasıl yapıldığı öğretilebilir. Çalışmalar, doktorların ilk birkaç düzine cerrahi prosedürü sırasında hata yapma olasılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nedenle özellikle karmaşık cerrahi prosedürlerin prova edilmesi karma gerçeklik ile mümkündür. Cerrahi prosedürlerin hızını ve doğruluğunu artırır. Hasta travmasını ve riskini azaltır. Cerrahi işlemler sırasında cerrahlara yardımcı olur. Bu simülasyonların ve anatominin rahatlıkla anlaşılması dışında hastaların tam olarak vücutlarında olan görmeleri güvenilirliği artırır. Sağlık alanı için yeni bir çağ başlatan bu teknolojiyi gelecekte hemen her hastanede ihtiyaç olarak göreceğimizi öngörüyoruz.



Görsel 7: HAVELSAN Hapsim

## 7. Tartışma ve Öneriler

Karma gerçeklik teknolojisi, tıbbi alana metin tabanlı fizyolojik verilerin ve çeşitli grafiksel 3B verilerin hastanın vücudunda kesintisiz görselleştirilmesi olanağını vermektedir. Böylece hastaların teşhis ve tedavi süreçlerinde iyileştirmeler sağlamaktadır. Hasta bazında bakıldığında bu teknoloji, teşhis, tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinin iyileştirilmesine fayda sağlamaktadır. Gelecekte gerçekleşmesi mümkün olan dijital hasta altyapısıyla birlikte karma gerçeklik teknolojisinin kullanımıyla hastaların organları detaylı olarak görülüp yapay zekâ yardımıyla en doğru teşhisin koyulması ve tedavi süreçlerinin efektif bir şekilde sürdürülmesi beklenmektedir. Bunun yanı sıra nesil yazıcılarla organ üretilmesiyle de nakil yapan doktorların başarısızlık oranını azaltılabilecektir.

Teknolojinin hekimden, tıp öğrencisine ve hastalara kadar sağlık sektörünü etkileyen tüm fonksiyonlarda uygulanması mümkündür. Bununla birlikte, tıp uzmanlarının çalışmalarının kalitesi, teknolojinin hem kullanışlılığından hem de kullanılabilirliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Teknoloji, dünyanın ihtiyaçlarına uyacak şekilde gelişerek ilerlemektedir. Gelecekte, sanal gerçeklik başlıkların, artırılmış gerçeklik gözlüklerin ve akıllı dijital cihazların hepsinin karma gerçeklik teknolojiyi giyilebilir cihazlarda birleşmesi öngörülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik ile teknolojilerin bir araya gelmesi aslında düşündüğümüzden çok daha erken gerçekleşebilir. Böylece karma gerçeklik teknolojisinin dünyanın en yaygın ve güçlü bilgi işlem platformlarından biri olacağı düşünülmektedir. Bu yüzden bilim insanları karma gerçekliğin benimsenmesi için gerekli teknolojileri araştırmaya ve geliştirmeye yoğunlaşmış durumdadır.

İlerleyen teknolojiyle birlikte cihazların daha yüksek donanımlara sahip olması ve daha az maliyetle edinilebilmesi sonucunda teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşması beklenmektedir. Yüksek kalitede gerçeklik deneyimi sunan bu teknoloji tıp eğitimindeki birçok ezberi bozacak şekilde, uygulama esaslarında değişime sebep olabilir. Sanal ve gerçek dünyanın nesnelere bir araya getiren karma gerçeklik teknolojisiyle gözlüklerden sonra kontak lenslerle de bu teknolojinin kullanılabilirliği öngörülmektedir. Yüksek hızda internet alt yapısı ve 5G gibi teknolojilerin ilerlemesiyle birlikte teletıp alanında birden çok doktor ortak bir vaka üzerinde konsültasyon yapabilmekle birlikte farklı yerlerdeki ameliyatların izlenmesi değerlendirip gerekli durumlarda iletişime geçerek bir manada sanal olarak ameliyata katılıp, ilgili durum için aksiyon alınabilecek bir ortam oluşturulabilecektir. Böylece birçok süreç yer, zaman ve kişiden bağımsız olarak sürdürülebilecek şekilde bir esnekliğe sahip olacaktır.

Sağlık alanındaki gelişmeler hakkında alan uzmanları çeşitli öneri ve öngörülerde bulunmaktadır. Medivis'in karma gerçeklik çözümlerini yorumlayan radyoloji uzmanı Chris Morley teknolojinin kullanımıyla bakım sırasında hasta verilerinin holografik olarak yerleştirilmesinin prosedür sürelerini, komplikasyon oranlarını ve radyasyon maruziyetini azaltabileceğini belirtmiştir. Marienkrankenhaus Hamburg'da kulak, burun, boğaz cerrahisi olan Dr. Hans-Jürgen von Lücken hastalara prosedürleri açıklarken karma gerçekliğin kendileri için çok büyük bir avantaj olduğunu açıklayarak bunun sebebinin de hastaların endişelerini daha iyi çözmek için etkileşimli 3B görüntülerle her şeyi açıklayabildiklerini vurgulayarak sağlık personelinin yanı sıra hastalar içinde teknolojinin önemine vurgu yapmıştır (Microsoft, 2021). Sağlık alanında karma gerçeklik

teknolojinin kullanımı ve uygulama alanlarının çeşitlenerek artması beklenmektedir.

Karma gerçeklik sadece sağlık ve eğitim alanlarında da değil aynı zamanda askeri, otomotiv ve iş dünyasında da kullanım örneklerinin yaygınlaşacağı bir teknoloji haline gelmektedir. Karma gerçeklik sayesinde dar alanlarda bile, örneğin otomobil gibi çeşitli ürünlerin karma gerçeklikle sunulduğu ve satışının gerçekleştirilmesi mümkündür. Böylece galerilere otomobilleri sığdırmak yerine karma gerçeklik teknolojisinin sunmuş olduğu imkânlardan faydalanılabilecektir. Birçok sektör bu şekilde çevrimiçi mağazalar açarak müşteri ve kullanıcılarına bireysel ürün deneyimi sunabileceklerdir.

## 8. Sonuç

Sanal ve gerçek dünyanın buluşturan karma gerçeklik teknolojisi özellikle eğitim ve sağlık alanında aktif gelişimini sürdürerek sağlık alanındaki uygulamalarla kendini duyurmasına rağmen askeri, otomotiv, pazarlama vb. gibi birçok alanda kullanıma uygun bir teknolojidir. Fakat şuna kadar sağlık alanındaki çalışmalarla kendinden oldukça söz ettirmiş olan bu teknoloji tıp eğitiminden, hastalıkların teşhis ve tedavi süreçlerine kadar pek çok alanda farklı uygulama örneklerini görmek mümkündür. Hızlı bir ivme ile gelişmeye ve ilerlemeye devam eden karma gerçeklik gibi görüntüleme teknolojileri birçok konuda zaman, mekân ve kişilerden bağımsız olarak ilgili süreçlerin işletilebilmesi veya uzaktan da verimli bir şekilde yürütmeyi temel almaktadır. Geçmişte sadece hayal edilebilen sanal dünyalar oluşturma, sanal ve gerçek dünyanın örtüştürülebilmesi artık artırılmış, sanal ve karma gerçeklikle mümkün hale gelmiştir. Yapılan bu çalışmada karma gerçekliğin sunduğu imkânlardan maksimum fayda sağlayabilecek uygulamalı bir alan olan sağlık alanındaki çalışmaları yapılan uygulamaları inceledik. Yakın gelecekte de özellikle tıp eğitiminde, hastalıkların teşhis ve tedavisine yönelik kullanımların yaygınlaşacaktır. Simülasyon teknolojilerinde bir dünya markası haline gelen, yazılım ağırlıklı özgün çözüm ve ürünlere sahip olan HAVELSAN, alanında ulusal ve uluslararası lider sistem entegratörü olma vizyonuyla hareket etmekte, gelişen teknolojilerden maksimum faydayı sağlayacak bir yaklaşım izlemektedir. Bu kapsamda yeni nesil teknolojiler üzerinde aktif çalışmalarımızı sürdürmekteyiz. Simülasyon teknolojisinin ana faaliyet alanımız olması ve çok çeşitli disiplinleri içermesi nedeniyle HAVELSAN olarak, yeni nesil teknolojilerden biri olan karma gerçeklik teknolojisini temel alan Hapsim simülatörünü gerçekleştirdik. Bunun gibi, karma gerçeklik alanındaki gelişmeleri takip ederek farklı çözümler geliştirmeye devam ediyoruz. Gelecek çalışmalarımızda sağlık alanının yanı sıra askeri alanda da karma gerçeklik teknolojisine yönelik çalışmalar gerçekleştirmeyi planlamaktayız.

## Kaynakça

- apoQlar. (2020). Experience Collaborative Medicine - VSI HoloMedicine®. <https://apoqlar.com/>
- Case Western Reserve University. (2016). CWRU, Cleveland Clinic release first third-party app for Microsoft HoloLens.
- Groves, M. (2019). Philips and Microsoft HoloLens 2: augmented for image guided therapy - News | Philips. <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/articles/2019/2019031>

3-philips-and-microsoft-hololens-2-could-augmented-reality-change-the-face-of-image-guided-therapy.html

HASPULAT, M. (2021). Tıp Eğitiminde Yeni Yaklaşımlar; AR, XR, MR – İVEK Akademi. <https://ivekakademi.org/blog/tip-egitiminde-yeni-yaklasimlar-ar-xr-mr/>

HoloNext. (2020). Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ve AR Teknolojisinin Geleceği - Holonext. <https://holonext.com/tr/artirilmis-gerceklik-uygulamalari/>

Intel. (2020). Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik ve Karma Gerçeklik - Intel. <https://www.intel.com.tr/content/www/tr/tr/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>

Mcgurk, M. (2021). CASE DESCRIPTION HOLOMEDICINE How a nerve was saved with VSI Holomedicine. [www.vsi.health](http://www.vsi.health)

Microsoft. (2021). Microsoft Karma Gerçeklik - Sağlık Hizmetleri. <https://www.microsoft.com/tr-tr/hololens/industry-healthcare>

Park, M.-C., Lee, H.-D., & Son, J.-Y. (2012). 3D display simulator based on mixed reality. <https://doi.org/10.1117/12.921448>, 8384, 249–254. <https://doi.org/10.1117/12.921448>

Steiger, A. (2020). HoloLens 2 vs Magic Leap Features: Battle of XR Headsets.

Verhey, J. T., Haglin, J. M., Verhey, E. M., & Hartigan, D. E. (2020). Virtual, augmented, and mixed reality applications in orthopedic surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 16(2), e2067. <https://doi.org/10.1002/RCS.2067>





# Detecting Internet of Things Attacks by Using Hybrid Learning and Feature Selection Method

Gozde Karatas<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Biruni Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2303-9410)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1017433)

**ATIF/REFERENCE:** Karatas, g. (2020). Detecting Internet of Things Attacks by Using Hybrid Learning and Feature Selection Method. *European Journal of Science and Technology*, (29), 19-25.

## Abstract

Internet of Things (IoT) produces an enormous amount of data, which is used in all areas of our lives and increases the number of data on the Internet with each passing day. Smart watches, robot vacuum cleaners, refrigerators with cameras, and more can all be considered IoT devices. Ease of access to the Internet provides people with advantages as well as disadvantages. Malware and intruders have easier access to the devices we use and our information via the internet. At this point, data security gains great importance especially in IoT devices because accessing our personal data via smart watches or refrigerators we use can pose a great threat to individuals and their families. This study focus the importance of data preprocessing and developing a hybrid machine learning-based intrusion detection system (IDS) for IoT. Decision Tree, which is a popular machine learning algorithm, and n\_Balot dataset were preferred for investigations. Accordingly, it is aimed to create a hybrid model by applying K-means and Decision Tree algorithms to the n\_Balot dataset with under sampling and feature selection. In the data preprocessing, feature selection was performed with Chi-Square method and under sampling performed with RandomOverSampling method. Then, clustering was done by applying K-means to the processed dataset, and the results obtained with the clustering were classified with the Decision tree algorithm. As a result of the study, while the error rate was 0.39% in the predictions made only with the decision tree, the error rate was reduced to 0.01% with the developed hybrid model.

**Keywords:** Intrusion detection, n\_Balot dataset, Decision tree, K-means, Feature selection.

## Nesnelerin İnterneti Saldırılarının Hibrit Öğrenme ve Özellik Seçimi Yöntemi Kullanılarak Tespiti

### Öz

Nesnelerin interneti (IoT), hayatımızın her alanında kullanılan ve her geçen gün internetteki veri sayısını artıran muazzam miktarda veri üretmektedir. Akıllı saatler, robot süpürgeler, kameralı buzdolapları ve daha kullanılan birçok cihaz IoT cihazları olarak kabul edilebilir. Ayrıca gelişen teknoloji ile birlikte hayatımızın her alanında olan internete erişim kolaylığı insanlara avantajlar sağladığı gibi dezavantajlar da sağlamaktadır. Kötü amaçlı yazılımlar ve saldırganlar, yoğun olarak kullandığımız cihazlara ve önemli bilgilerimize internet üzerinden daha kolay erişebilmektedir. Bu noktada özellikle IoT cihazlarında veri gizliliği ve güvenliği büyük önem kazanmaktadır çünkü kullandığımız akıllı saatler veya kullandığımız buzdolapları aracılığıyla kişisel verilerimize erişim bireyler ve aileleri için büyük bir tehdit oluşturabilmektedir. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında bu çalışma, veri ön işlemenin önemine ve IoT cihazları için hibrit bir makine öğrenmesi tabanlı saldırı tespit sistemi (IDS) geliştirmeye odaklanmaktadır. Çalışmada yapılacak araştırmalar için popüler bir makine öğrenme algoritması olan Karar Ağacı ve n\_Balot veri kümesi tercih edilmiştir. Buna göre veri azaltma işlemi ve özellik seçimi ile n\_Balot veri kümesine K-means ve Karar Ağacı algoritmaları uygulanarak saldırı tespiti yapan hibrit bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Veri ön işlemede, Ki-Kare seçim yöntemi ile özellik seçimi ve RandomOverSampling yöntemi ile veri azaltma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra veri sayısı azaltılmış ve özellik seçimi gerçekleştirilerek işlenmiş veri kümesine K-Means algoritması uygulanarak kümeleme yapılmış ve kümeleme ile elde edilen sonuçlar Karar ağacı algoritması ile sınıflandırılmıştır. Yapılan tüm incelemeler sonucunda hiçbir işlem yapılmadan yani veri ön işleme ve özellik seçimi gerçekleştirilmeden sadece Karar Ağacı ile yapılan tahminlerde hata oranı %0,39 iken, geliştirilen hibrit model ile hata oranı %0,01'e düşürülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Intrusion detection, n\_Balot dataset, Decision tree, K-means, Feature selection.

\* Corresponding Author: Biruni Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2303-9410, [gbaydogmus@biruni.edu.tr](mailto:gbaydogmus@biruni.edu.tr)

## 1. Introduction

The concept of the Internet of Things (IoT) is the name given to all systems that can transfer data over the network without the need for human beings with digital devices that are related to each other. IoT is a concept that was first introduced by Kevin Ashton in 1991 and was used to explain the communication of countless electronic devices such as mirrors, wrist watches, refrigerators, televisions with the Internet (Ashton, 2019). Increasingly, organizations in different industries are using IoT technology to work more efficiently, improve business quality, and improve decision-making processes. Figure 1 shows popular IoT devices.

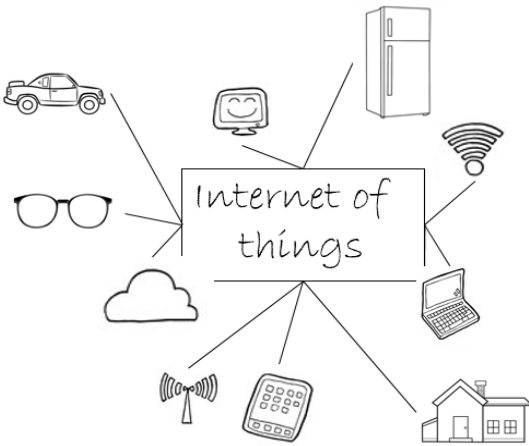


Figure 1. IoT Devices

IoT devices take advantage of internet-connected hardware that uses sensors and communication hardware to collect data and process it (Syms et al., 2020; Anthi et al., 2019). In other words, IoT is a network of devices connected through communication technologies in order to create systems that can provide information and analyze this data that enable researchers to make research or decisions on any subject much faster. After the computer entered human life, many concepts began to gain importance. The most notable of these is computer security. Every device connected to the internet is included in this concept when it comes to computer security, so ensuring the security of IoT devices has become an important work area which have become popular in recent years.

There are not only good people who will do useful things on the internet, but there are also people who aim to misuse people's information and even want to do worse things. These are generally referred to as attackers/hackers/intruders. These people threaten personal security by using the benefits of the internet and the existing security vulnerabilities. Therefore, security should be the most important area in every developed system. However, companies do not prioritize data and computer security, especially in terms of cost. Security area in computer sciences is commonly referred to as the Intrusion Detection System (IDS). Systems that detect attacks on IoT devices (or computers) in advance and intervene if necessary take this name. By using IDSs, the security of computers and IoT devices can be ensured.

In this study, n\_Balot, a popular IoT dataset was used and the effect of feature selection and clustering on detection rate in

attacks on IoT devices was examined. In this context, firstly K-means algorithm was applied to the preprocessed dataset and then K-means algorithm was applied to the subset of the dataset which is created by feature selection. The number of features was determined intuitively and it was observed that there was no change in the accuracy rate until the number of features decreased to 5. On top of that, after applying K-means to the 5-featured subset, the resulting clustered data was trained with the Decision Tree machine learning algorithm and it was seen that the accuracy rate was higher than the system trained with Decision Tree without any processing. In addition, while performing all these operations, under sampling was performed on the dataset and the results were obtained. The reason for this is that even if the number of data decreases, there is no change in the performance rate. In this way, the detection speed has also been increased.

Rest of the paper is organized as follows: Section II covers the related work on Intrusion Detection on IoT devices. Information about the methods used in the study is given in Section III. Section IV presents the new clustering based IDS and experimental results. Finally, the conclusion and discussion is given Section V.

## 2. Material and Method

In this section, related work that are similar to the study and the proposed system is given. The dataset, feature selection, data reduction, data preprocessing and machine learning algorithms used in the proposed system are detailed.

### 2.1. Related Work

In this section, previous studies on Intrusion detection in different electronic databases such as Elsevier, Springer and Ieee Explorer are examined. 10 of the studies related to the subject were selected and information was given about the techniques and architectures they contain.

IoT device security is one of the most important issues. Aware of this, researchers designed a hybrid intrusion detection system for IoT devices in 2020 (Syms et al., 2020). The focus of the study is to classify the request to the device as attack or not, at this point, they focused on machine learning and deep learning concepts, which are rapidly increasing in popularity today. As a result, they proposed a model in the form of hybrid convolutional neural network. They used the UNSW-NB15 dataset for development and compared their proposed model with another existing learning algorithm, RNN. As a result of the examinations, they have seen that the proposed hybrid model is much better in terms of both time and accuracy.

Anthi and others proposed a three-layer intrusion detection system (IDS) to detect popular attacks on IoT in 2019 (Anthi et al., 2019). The proposed system consists of three main components: classifying the IoT devices and their profile connected to the Internet, identifying harmful requests on the network when an attack occurs, and classifying the type of incoming attack. In order to develop and examine the system, a real test environment consisting of various IoT devices was created and dataset was collected with different attacks. As a result of the study, it has been seen that the proposed system can automatically detect attacks on IoT devices and detect which attack has been applied to a device on the network. The F-



measurement of the developed system varies between 90% and 98%.

In 2016, researchers aimed to develop a model for intrusion detection on IoT devices, the core component of which is a core component (Sforzin et al., 2016). Their main focus has been examine the performance of Raspberry Pi computer working with open source Snort and make recommendations accordingly. For development and testing, they used network traffic recorded in trace files. As a result of the investigations, they have seen that the Raspberry Pi computer can be used effectively to detect attacks on IoT devices.

Raza et al. developed a model called SVELTE to detect attacks on IoT devices (Raza et al., 2013). To develop this approach, they studied the IPv6 and 6LoWPAN packet structures and transmitted on them. Their main goal is to detect information attacks on the network device. As a result of the studies, it was seen that the developed system successfully detected the test attacks. They aim to completely zero the misunderstanding rate for future studies.

The concept of IoT, which has entered our lives in the last few years, is both a very popular and a new concept, so it is very vulnerable to attacks. In 2016, researchers examined the attack analysis of IoT devices and proposed a new model (Hodo et al., 2016). For the developed model, it is aimed to detect and prevent DoS attacks by using artificial neural networks. Therefore, they have classified incoming requests as attack and normal. They used a dataset with 2313 samples for the study and reached a success rate of 99.4% as a result of the study.

Yang et al. have examined the main challenges in wireless intrusion detection, an active learning approach that builds on its core concepts (Yand et al., 2018). They compared traditional learning methods with active learning methods and presented results with an experimental example. In their study, they aimed to help those who research active learning and to encourage research.

In 2020, researchers made a study to emphasize how important to design a system while developing an intrusion detection system for IoT (Derhab et al., 2020). Since the main purpose of the study was to design an intrusion detection system, they created a hybrid model by combining convolutional neural network (CNN) which a deep learning approach with causal convolution, and they called it Temporal Convolution Neural Network (TCNN). They used Bot-Iot dataset for this work. Since the Bot-IoT dataset used in the study is unbalanced, SMOTE technique was used to obtain an efficient model by balancing the dataset, and feature selection methods were also carried out. The results of the study were compared with Logistic Regression, Random Forest, Long short Term Memory and CNN algorithms in terms of accuracy and efficiency and it was seen that the proposed system achieved 99.99% performance.

Parra and his friends created a cloud-based distributed deep learning model that will detect phishing and botnet attacks to maintain security on IoT devices (Parra et al., 2020). The model consists of two basic mechanisms; (1) a built-in Distributed Convolutional Neural Network (DCNN) model to detect phishing and DoS attacks; and (2) a cloud-based temporary Long-Short-Term Memory (LSTM) network model for detecting botnet attacks. They created a dataset of both phishing and non-phishing URLs to train the proposed DCNN plug-in model, and used the existing N\_BaIoT dataset to train the backend LSTM

model. As a result of experimental studies, it has been seen that the proposed DCNN model can detect phishing attacks with 94.3% accuracy and 93.58% F-1 score, while the back-end LSTM model detects Botnet attacks with 94.80% accuracy.

Some studies show that objective function selection is effective in providing security in IoT devices. Furthermore, the available literature lacks examining vulnerability analysis of objective functions, especially in combined attacks. Therefore, the researchers examined the vulnerability analysis of two different objective functions with machine learning approaches to detect combined attacks against IoT devices through different scenarios (Foley et al., 2020). They created a new IoT dataset for the study as part of the RPL IDS/IPS solution. As a result of the studies, the objective function machine learning approach was successful in detecting combined attacks based on power and network measurements.

Dataset plays an important role when developing models to ensure security in IoT devices. Alsaedi and others proposed a new labeled dataset for a type feature, showing a subclass of attacks on IoT devices (Alsaedi et al., 2020). The proposed dataset is named TON-IoT. The study also explains the proposed dataset and features of Telemetry data of IoT services. TON\_IoT currently has the advantages of having attack and non-attack and evenly distributed data for different IoT/IIoT services. Using the proposed dataset, intrusion detection was implemented with various machine learning and deep learning approaches, and the success of the dataset was tested.

## 2.2. Proposed Approach

In this section, information is given about the methods and dataset used while developing the study.

### 2.2.1. K-Means Algorithm

We may not always have meaningful data, so we don't know how to relate the data. Clustering, which is an unsupervised learning method, on such datasets provides better results (Likas et al., 2003; Hartigan and Wong, 1979). Clustering algorithms aim to establish relationships between such data. Figure 2 shows the state of the data before and after clustering.

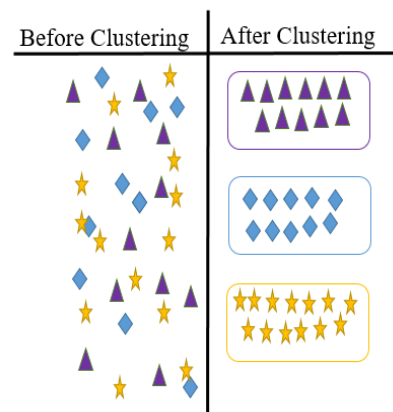


Figure 2. Clustering

K-means algorithm is a clustering algorithm. Its main purpose is to determine the center points by minimizing the distance within the cluster, for this it assumes that the data at hand consists of k clusters and tries to minimize the distances of the points included in the clusters to be formed to the cluster

mean. The algorithm makes clustering based on the Euclidean distance formula given by the Formula (1);

$$\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 - \dots - (x_N - y_N)^2}$$

Where N is the size of the dataset, and  $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  and  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$  are the points. The algorithm performs the following steps;

1. Start with randomly selected K (number of clusters) central points.
2. Assign each point in the dataset to the set of the center point closest to it (based on the distance calculated by the Euclidean distance).
3. The value of the cluster center is calculated by taking the average of all its own points.
4. This process continues until the location and value of the centers do not change.

Application areas of the algorithm; customer segmentation, game/player analysis, document classification, intrusion/fraud detection. The main problem here is to choose the K value correctly. Because it is necessary to manually (heuristically) assign the value of k. There are several methods for determining the appropriate number K, these are; Elbow Method, Average Silhouette Indeks, GAP statistic. Since the K value was determined according to the number of classes in this study, any of the suggested methods was not used.

### 2.2.2. Feature Selection (FS)

Features are information about each data in a dataset. For example, the model, color, brand and mileage of a car are features. Feature selection is the process of selecting and finding the most useful features for operations within the dataset (Korkmaz et al., 2020; Korkmaz et al. 2020). The purpose of feature selection is to speed up the training time of the model and make it more meaningful. Feature selection methods are named in three main categories; Embedded Methods, Wrapper Based Methods, and Filter Methods. Each method can be diversified within itself. Since the chi-square test, which is a filter method, is used in this study, detailed information is given only about it.

Chi-Square; It is a method that performs operations on the basis of whether the difference between the observed and expected values is significant and works with categorical data (Tallarida et al., 1987). It is tested whether there is a relationship between the features and the target, and the features that cannot be found are removed from the dataset. It is calculated with Formula (2).

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = N \sum_{i=1}^n \frac{(O_i/N - p_i)^2}{p_i}$$

Where  $O_i$  is number of data of category i, N is total number of data in the dataset,  $E_i$  and  $Np_i$  is the expected count of category i, and n the number of feature in the dataset. It can determine whether there is a relationship between the target and the feature with the p value obtained as a result of the test with this method.

### 2.2.3. Decision Tree (DT)

Tree-based methods have high accuracy, adaptability and ease of interpretation. Decision trees are tree-based supervised learning methods. Decision trees are an easy to interpret machine learning approach commonly used for classification and problems. It is one of the most widely used classification techniques due to its low cost, ease of understanding, reliability, and high performance working with different data (Karatas et al., 2020; Bayazit et al., 2020). A decision tree is a method in which the learned function is represented as a decision tree. Its working principle is based on decision making with Entropy calculation. It creates an associated decision tree and keeps the result in leaf nodes when dividing a dataset into smaller subsets with entropy. Figure 3 shows a decision tree structure.

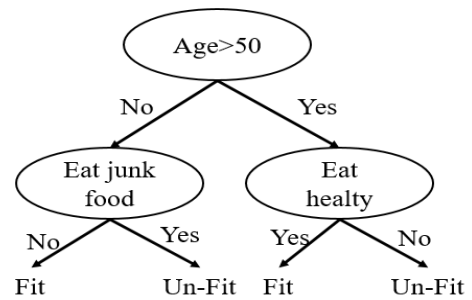


Figure 3. Decision tree structure

### 2.2.4. Dataset

The most important thing when designing an intrusion detection system is selection of the dataset. Today, although the number of data increases rapidly, it is very difficult to obtain meaningful data. The most important thing in intrusion detection system development for IoT devices is to develop a model by selecting the right dataset. In this direction, the n\_Balot dataset was selected and the training and testing processes were carried out with this dataset. This dataset was created by researchers using 9 different IoT devices in 2018. The dataset contains 7,062,606 data and 115 features. 555,932 of them are benign and the rest are attacks. In the data set, operations can be performed for estimations, such as what type of attack, from which devices, apart from normal/attack estimation (Meidan et al., 2018). Labeling possibilities that can be used for classification/clustering in the dataset are given in Table 1.

Table 1. n\_Balot dataset labelling possibilities

Benign/ Attack status	Benign/ Attack Type	Benign/ Attak Name	Device Model
Benign Attack	Benign Gafgty Miraj (2)	benign	Donmini
		combo	Ennio
		junk	Ecobee
		scan	Philips
		TCP	PT-737E
		UDP	PT-838
		ack	XCS7-1002
		syn	XCS7-1003
		udpplain	Samsung

Data Preprocessing; It is very important to make sense of the dataset to be used in designing an intrusion detection model

and to make it usable. Before training with the dataset used here, the following steps were performed;

1. The dataset is allocated as 9 different folders and 2 different folders within these folders. There are csv files with different normal and attack information in the folders inside. These files have been merged.
2. Each feature has been taken into account when merging files. According to this;
  - a. A new column has been added to the incoming csv file and named “state”. Accordingly, if the name of the incoming file is “benign.csv”, 0 otherwise 1 label is written.
  - b. A new column named “dirs.” has been added to the incoming csv file. According to the column; If the folder where the file comes from does not have a name, 0 is written, if its name is “gafgyt attack”, 1 is written, and if its name is “mirai attack”, 2 is written.
  - c. A new column named “label” has been added to the incoming csv file. According to the column; Table 2 shows label name and number assigned to it. This column will be used for attack detection. So this is the label of the dataset because main purpose of this work is design a model that can detect different types of attacks and this requires multiple classes.

Table 2. Label names and Numbers

Label	number
Benign	0
Combo	1
Junk	2
Scan	3
Tcp	4
Udp	5
Ack	6
Syn	7
udpplain	8

- d. A new column named “root” has been added to the incoming csv file. According to the column; Table 3 shows root name and number assigned to it.

Table 3. Root Names and Numbers

Root file	number
Donmini	0
Ennio	1
Ecobee	2
Philips B120N/10	3
Provision PT-737E	4
Provision PT-838	5
Samsung SNH 1011 N	6
SimpleHome XCS7-1002-WHT	7
SimpleHome XCS7-1003-WHT	8

3. Finally, a new column named “\_neg” has been added for the negative columns in the dataset, and if the value in the original column is positive, 0 if the value is negative, 1 values are written in the “\_neg” column. After the operation, the relevant column is deleted from the dataset.

After the data preprocessing was completed, the number of features in the dataset increased from 115 to 119.

### 2.2.5. Under Sampling (US)

The performance of the developed model decreases considerably when the distribution of the data in the dataset is not in a balanced amount (Yen and Lee, 2009). Operations to reduce or increase (under sampling or over sampling) the number of data are applied to cope with this situation. In this study, under sampling was performed both to speed up the model and to obtain a more successful model. For this process, the RandomOverSampler method in Python has been used, the RandomOverSampler method randomly selects the specified number of data from the desired classes and creates a subset.

In the study, under sampling process was applied to all classes. It is suggested that the sample size should be adjusted with the average or the least data according to the data number of the class when the literature is examined. Therefore, the number of data has been adjusted 255,111 according to the label number 3 that is the "scan" attack, which has the least data in the dataset. Table 4 shows the number of data for classes before and after under sampling.

Table 4. Number of data in the n\_Balot dataset

Label	Before	After
Benign - 0	555,932	255,111
Combo - 1	515,516	255,111
Junk - 2	261,789	255,111
Scan - 3	255,111	255,111
Tcp - 4	859,850	255,111
Udp - 5	946,366	255,111
Ack - 6	643,821	255,111
Syn - 7	773,299	255,111
Udpplain - 8	523,932	255,111
Total:	7,062,606	2,295,999

## 3. Results and Discussion

Experimental results were applied using the Scikit-Learn library with Python programming language on PyCharm Compiler. The study was carried out on a computer indicated by the Table 5. In the study, the dataset is separated for training and testing. Accordingly, 75% of the dataset was used for training and 25% for testing.

The main purpose of the study is to create a fast-running hybrid model that will perform multiple classification operations. For this, operations were performed according to the "label" column in the dataset. Information about this column is provided under the Proposed Approach. In addition, the "state" column was not used in clustering and classification processes, so that the algorithm does not overfit. The other aim of the study is to investigate the importance of data preprocessing and combining different types of algorithms in intrusion detection on

IoT devices. Therefore, under sampling and feature selection process was performed on the dataset, and then clustering was done with the K-means approach.

Table 5. Working Environment

Hardware	Features
CPU	Intel(R) Core(TM) I7-8700 Cpu @3192Mhz, 6 Cores
Op. Sys.	64 bit, Windows 10
Graphic card	NVIDIA GeForce® GTX 1080 Ti Founders Edition 11G
L1/L2/L3 Cache	384 KB/1.5 MB/12.0 MB
RAM	16.00 GB

According to the points reached as a result of clustering, Decision Tree algorithm was used and accuracy rate was tried to be increased. Decision Tree algorithm was applied without making any changes on the numerically converted dataset. Table 6 shows the results.

Table 6. Only DT

Accuracy (%)	Time (sec)
99.61	217.08

Then, the under sampling was performed on the dataset and the results after working with decision tree are shown in Table 7.

Table 7. US+DT

Accuracy (%)	Time (sec)
99.73	96.13

It has been observed that there is a slight increase in the performance rate, but the running time of the algorithm has decreased considerably. Then, the K-means algorithm was applied to the under sampling applied dataset and clustering was done. The results obtained by clustering were classified with Decision Tree algorithm and the accuracy rate was shown in Table 8.

Table 8. US + K-Means + DT

Accuracy (%)	Time (sec)
99.99	56.90

Finally, the sampling reduction followed by the feature selection process was performed on the dataset, and then the K-means algorithm was applied. The number of features was selected as 100, 50, 30, 25, 15, 5 and 4 in the preliminary studies and it was seen that the accuracy rate did not change up to 5 features. Therefore, 5 important features were selected with the Chi-Square method in the dataset and the operations were carried out accordingly. Then again, Decision Tree algorithm was applied and the results were shown in Table 9.

Table 9. US + FS + K-Means + DT

Accuracy (%)	Time (sec)
99.99	2.90

It was observed that the performance did not change after the feature selection, but the detection time was greatly reduced. Table 10 shows all states, accuracy rates, times and error rates.

Table 10. All results

Algorithm	Accuracy (%)	Error Rate (%)	Time (sec)
Only DT	99.61	0.39	217.08
US + DT	99.73	0.27	96.16
US + K-means + DT	99.99	0.01	56.90
US + FS + K-means + DT	99.99	0.01	2.90

The decrease in the error rate of the result achieved by the use of hybrid algorithm in attack detection is shown in Figure 4.

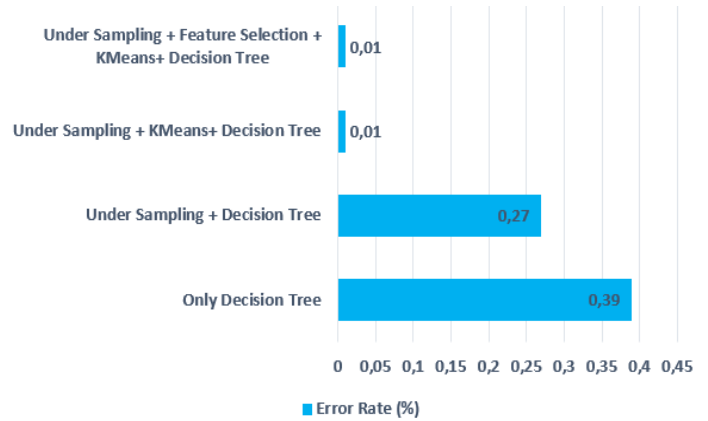


Figure 4. All results in one graphic.

## 4. Conclusions and Recommendations

Technology has the ability to change the world and the future. IoT devices, which have gained popularity in recent years, allow to facilitate and improve the life of humanity; Using IoT services, people can access and use the information they want from anywhere. Although IoT devices make life easier, security becomes a big problem in the IoT system regarding the protection of user information. It has become a current research to develop new solutions to uncertain attacks and deal with new models to improve security.

The aim of the study is to detect attacks on IoT devices using Decision Tree algorithm, which is used in many subjects and popular machine learning algorithms. For this, it is aimed to increase the performance of the algorithm by using oversampling, feature selection and K-means method. In this way, a hybrid algorithm has emerged. In the study, under sampling and feature selection processes were also carried out, since it was desired to observe how data preprocessing affects the running time of the model. After applying numerical transformations to the n\_Balot dataset used in the study, under sampling was applied and all classes were equalized to the number corresponding to the lowest class data number. Then, heuristic evaluations were made with Chi-Square feature selection and it was seen that the system gave the same results with 5 features. After the preprocessing was completed, the model was created, first clustering with K-means was performed, and then a classification was made with the clustering results. And as a result of the study, the error rate of the Decision Tree algorithm was reduced from 0.39% to 0.01% with all these operations. The effects of normalization and



standardization on deep learning algorithms will be examined in future studies according to the values reached as a result of this study.

## References

- Alsaedi, A., Moustafa, N., Tari, Z., Mahmood, A., & Anwar, A. (2020). TON\_IoT telemetry dataset: A new generation dataset of IoT and IIoT for data-driven intrusion detection systems. *IEEE Access*, 8, 165130-165150.
- Anthi, E., Williams, L., Słowińska, M., Theodorakopoulos, G., & Burnap, P. (2019). A supervised intrusion detection system for smart home IoT devices. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), 9042-9053.
- Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID journal*, 22(7), 97-114.
- Bayazit, E. C., Sahingoz, O. K., & Dogan, B. (2020, June). Malware detection in Android systems with traditional machine learning models: a survey. In *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (pp. 1-8). IEEE.
- Derhab, A., Aldweesh, A., Emam, A. Z., & Khan, F. A. (2020). Intrusion detection system for Internet of Things based on temporal convolution neural network and efficient feature engineering. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020.
- Foley, J., Moradpoor, N., & Ochenyi, H. (2020). Employing a Machine Learning Approach to Detect Combined Internet of Things Attacks against Two Objective Functions Using a Novel Dataset. *Security and Communication Networks*, 2020.
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the royal statistical society. series c (applied statistics)*, 28(1), 100-108.
- 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.
- Karatas, G., Demir, O., & Sahingoz, O. K. (2020). Increasing the performance of machine learning-based IDSs on an imbalanced and up-to-date dataset. *IEEE Access*, 8, 32150-32162.
- Korkmaz, M., Sahingoz, O. K., & Diri, B. (2020, June). Feature Selections for the Classification of Webpages to Detect Phishing Attacks: A Survey. In *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (pp. 1-9). IEEE.
- Korkmaz, M., Sahingoz, O. K., & Diri, B. (2020, July). Detection of Phishing Websites by Using Machine Learning-Based URL Analysis. In *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Likas, A., Vlassis, N., & Verbeek, J. J. (2003). The global k-means clustering algorithm. *Pattern recognition*, 36(2), 451-461.
- Meidan, Y., Bohadana, M., Mathov, Y., Mirsky, Y., Shabtai, A., Breitenbacher, D., & Elovici, Y. (2018). N-baiot—network-based detection of iot botnet attacks using deep autoencoders. *IEEE Pervasive Computing*, 17(3), 12-22.
- Raza, S., Wallgren, L., & Voigt, T. (2013). SVELTE: Real-time intrusion detection in the Internet of Things. *Ad hoc networks*, 11(8), 2661-2674.
- Parra, G. D. L. T., Rad, P., Choo, K. K. R., & Beebe, N. (2020). Detecting Internet of Things attacks using distributed deep learning. *Journal of Network and Computer Applications*, 163, 102662.
- Sforzin, A., Mármol, F. G., Conti, M., & Bohli, J. M. (2016, July). Rpiids: Raspberry pi ids—a fruitful intrusion detection system for iot. In *2016 Intl IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress (UIC/ATC/ScalCom/CBDCom/IoP/SmartWorld)* (pp. 440-448). IEEE.
- Smys, S., Basar, A., & Wang, H. (2020). Hybrid intrusion detection system for internet of Things (IoT). *Journal of ISMAC*, 2(04), 190-199.
- Tallarida, R. J., & Murray, R. B. (1987). Chi-Square Test. *Manual of Pharmacologic Calculations*.
- Yang, K., Ren, J., Zhu, Y., & Zhang, W. (2018). Active learning for wireless IoT intrusion detection. *IEEE Wireless Communications*, 25(6), 19-25.
- Yen, S. J., & Lee, Y. S. (2009). Cluster-based under-sampling approaches for imbalanced data distributions. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5718-5727.



# Financial Risk Estimation with KNN Classification Algorithm on Determined Financial Ratios

Oğuzcan Uludağ<sup>1</sup>, Arif Gürsoy<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0516-0014), oguzcanuludag@gmail.com

<sup>2\*</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0747-9806), arif.gursoy@ege.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1001663)

**ATIF/REFERENCE:** Uludağ, O. & Gürsoy, A. (2021). Financial Risk Estimation with KNN Classification Algorithm on Determined Financial Ratios. *European Journal of Science and Technology*, (29), 26-29.

## Abstract

Analyzing the financial situation of companies is very important today. Thanks to early analysis, companies can improve their financial situation and be saved from bankruptcy. Until now, many studies have been carried out on the financial analysis of companies. Data mining techniques are widely used in many different areas of the financial sector. In this study, data mining classification technique has been used to determine the financial risk status of companies. The data set has been created by using the balance sheets taken from the Kamu Aydınlatma Platformu (KAP) between 2013 and 2018 of different companies serving in the manufacturing industry. There are a total of 1027 records in the data set. On these records, the financial ratios determined for that year for each firm have been calculated and recorded in the database. The Springate model has been used to determine the financial success of the companies. Springate formula consists of 4 financial ratios. Springate score value is calculated by multiplying these ratios with certain coefficients. If the calculated score value is less than 0.862, the firm is considered unsuccessful, else the firm is considered successful. In this context, the Springate score has been calculated for each record and the companies have been labeled as successful or unsuccessful according to the score value. In this study, the KNN (K-Nearest Neighbor) algorithm has been used for classification. The KNN algorithm classifies the new element to be classified by looking at its proximity to its k neighbors. KNN algorithm needs learning data to classify unclassified data. In this study, cross validation method has been used for determining learning data and the data to be classified. According to the cross validation method, the data set is divided into n groups. For each group, the selected group creates the data to be classified. All other groups (n-1 groups) are used as learning data. Then the classification process is applied and the results are stored. After the classification process is completed for all groups, the statistical summary of the results is checked. In this study, the dataset was divided into 10 groups and the classification results have been evaluated. When the results have been examined, it has seen that the algorithm has made a successful classification with a rate of 88.42%. Thus, the financial risk estimation of the companies has made with the classification technique applied on the determined finance model.

**Keywords:** Data Mining, KNN Classification Algorithm, Financial Risk Analysis, Financial Mathematics.

## Belirlenen Finansal Oranlar Üzerinde KNN Sınıflandırma Algoritması ile Finansal Risk Tahmini

### Öz

Firmaların finansal durumlarının analiz edilmesi günümüzde oldukça önem taşımaktadır. Erken yapılan analizler sayesinde firmalar finans durumlarını düzeltebilir ve iflas etmekten kurtarılabilir. Bu zamana kadar firmaların finansal analizi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Veri madenciliği teknikleri finans sektörünün farklı birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada firmaların finansal risk durumlarının belirlenmesi için veri madenciliği sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Veri seti, imalat sanayi sektöründe hizmet veren farklı firmaların 2013 ile 2018 yılları arasında Kamu Aydınlatma Platformu (KAP)'ndan alınan bilanço tabloları kullanılarak oluşturulmuştur. Veri setimizde toplam 1027 kayıt bulunmaktadır. Bu kayıtlar üzerinde her bir firma için o yıla ait belirlenen finansal oranlar hesaplanarak veri tabanına kaydedilmiştir. Firmaların finansal başarılarının belirlenmesi için Springate modeli kullanılmıştır. Springate modeli firmaların gelecekteki iflasın erken tahminlenmesi için kullanılan bir modeldir. Springate

\* Corresponding Author: arif.gursoy@ege.edu.tr

formülü 4 finansal orandan oluşur. Bu oranlar belli katsayılar ile çarpılarak Springate skor değeri hesaplanır. Hesaplanan skor değeri 0.862'den küçük ise firma başarısız büyük ise firma başarılı olarak kabul edilir. Bu kapsamda her bir kayıt için Springate skoru hesaplanmış ve skor değerine göre firmalar başarılı veya başarısız olarak etiketlenmiştir. Bu çalışmada sınıflandırma işlemi için KNN (K-En Yakın Komşu) algoritması kullanılmıştır. KNN algoritması, sınıflandırılacak yeni elemanı belirlenen k tane komşusuyla arasındaki yakınlığa bakarak sınıflandırır. KNN algoritması sınıflandırılmamış verileri sınıflandırmak için öğrenim verisine ihtiyaç duyar. Çalışmada öğrenim ve sınıflandırılacak verilerin belirlenmesi için çapraz sorgulama yöntemi kullanılmıştır. Çapraz sorgulama yöntemine göre veri seti n adet gruba ayrılır. Her bir grup için, seçilen grup sınıflandırılacak veriyi oluşturur. Diğer tüm gruplar (n-1 grup) öğrenim verisi olarak kullanılır. Daha sonra sınıflandırma işlemi uygulanarak ve sonuçlar saklanır. Bütün gruplar için sınıflandırma işlemleri bittikten sonra sonuçların istatistiksel özetine bakılır. Bu çalışmada veri kümesi 10 gruba ayrılarak sınıflandırma sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde algoritmanın %88.42 oranla başarılı sınıflandırma yaptığı görülmüştür. Böylece firmaların finansal risk tahmini, belirlenen finans modeli üzerinde uygulanan sınıflandırma tekniği ile yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Madenciliği, KNN Sınıflandırma Algoritması, Finansal Risk Analizi, Finansal Matematik.

## 1. Introduction

Financial distress is the inability of a firm to meet its debts. This distress leads to the company being close to bankruptcy, going into liquidation and even confiscating the company. Therefore estimating financial distress is crucial to the success of businesses [1]. Early detection of financial distress can minimize the effects of financial distress on the business. Additionally, they can reduce the company's risk of depreciation for investors and Lenders [2].

There has been a lot of research on financial distress so far. Beaver studied the estimation of financial failure using the discriminant analysis method [3]. Another approach to the prediction of financial failure is Altman's study which used the multiple discriminant analysis method [4]. There are many different approach studies such as the logistic regression used by Ohlson and the artificial neural network models used by Aktaş [5,6].

Data mining is one of the common techniques used in financial analysis of businesses. It will be possible to obtain useful information about the financial failure of companies when data mining techniques are applied to financial ratios of companies [7]. In this study, classification algorithm, a data mining technique, are applied to the determined financial ratios. The Springate model was used to determine the financial status of the companies. Then, the results have been analyzed by applying the KNN algorithm on the unlabeled data.

## 2. Material and Method

In this study the balance sheet tables taken from Kamu Aydınlatma Platformu (KAP) of different companies operating in the manufacturing industry sector between 2013 and 2018 have been used as dataset. A total data consists of 1027 records. The Springate score of each record has been calculated to determine the financial status of the companies. Also determined financial ratios of each record has been calculated. Then these data has been

merged. The KNN classification algorithm has been run with cross validation. Then the results have been analyzed.

### 2.1. Springate Model

Gordon L.V. Spingate developed the model uses the multivariate discriminative analysis. There are four basic ratios in the Springate formula. According to the S value calculated in the formula, it is interpreted that the firms are successful or unsuccessful.

$$S \text{ Score} = (1.31X1) + (3.07X2) + (0.66X3) + (0.4X4)$$

X1= Net Working Capital/Total Assets

X2= Profit before Interest and Tax/Total Assets

X3= Profit before Tax/Short Term Debts

X4= Net Sales/Total Assets

According to calculated S value, If  $S < 0.862$  it is predicted that the company will go bankrupt [8].

### 2.2. Financial Ratios Used

It is appropriate to use financial ratios in the analysis of a firm's financial position [9]. In this study, a total of 10 ratios that affect the financial status of companies have been used. The ratios are shown in Table 1.

X1 measures the efficiency of the business in its activities. X2 shows that the company's debt load related to current profit. X3 gives the share of the net working capital required to continue the activities of the companies in the assets. X4 measures the liquidity of companies more precisely [12]. X5 shows the current financial strength of the company [12]. X6 shows the borrowing capacity of the company. The value of X7 is an indicator of how many times a year the firm consumes its stocks in production activities or converts it into sales revenue [13]. X8 shows how efficiently the capital invested in the business is used. X9 shows how many times the company sells its assets [14]. X10 allows us to make judgments about the company's investment and financing policies [13].

Table 1. Financial Ratios

Variable	Calculation
X1	Earnings Before Interest and Tax / Net Sales
X2	Total Debt / Earnings Before Interest and Tax
X3	Net Working Capital / Total Assets
X4	(Current Assets – Stok) / Short-Term Liabilities
X5	Current Assets / Short-Term Liabilities
X6	Total Debt / Equity Capital
X7	Cost of Sales / Average Inventory
X8	Net Profit / Equity Capital
X9	Net Sales / Total Assets
X10	Net Profit / Net Sales

### 2.3. KNN (K Nearest Neighborhood) Classification Algorithm

The purpose of classification is to determine which class the data belong to by looking at the similarities [10]. KNN is nonparametric controlled learning algorithm [11]. It is a widely used classification algorithm in data mining. KNN algorithm classifies the new element to be classified by looking at its proximity to its k neighbors. Euclidean, Manhattan and Minkowski distance functions commonly used for distance calculation. KNN algorithm steps are as follows:

1. Load the training data
2. Determine the value of k
3. For each record in training data

- a. Calculate distances
  - b. Get the nearest k neighbors
4. Set label according to class member count
  5. End

Figure 1 shows the steps of the KNN algorithm. In step 0, there are the green-painted points of Class A, the points of Class B painted in orange, the points of Class C painted in green, and the unclassified grey point. In step 1, the distance of the grey point to all other points is calculated. In step 2, the k nearest neighbors to the grey point are listed. For k equals 4, the class with the most members in step 3 is A, which is green. Then the grey point is labeled class A.

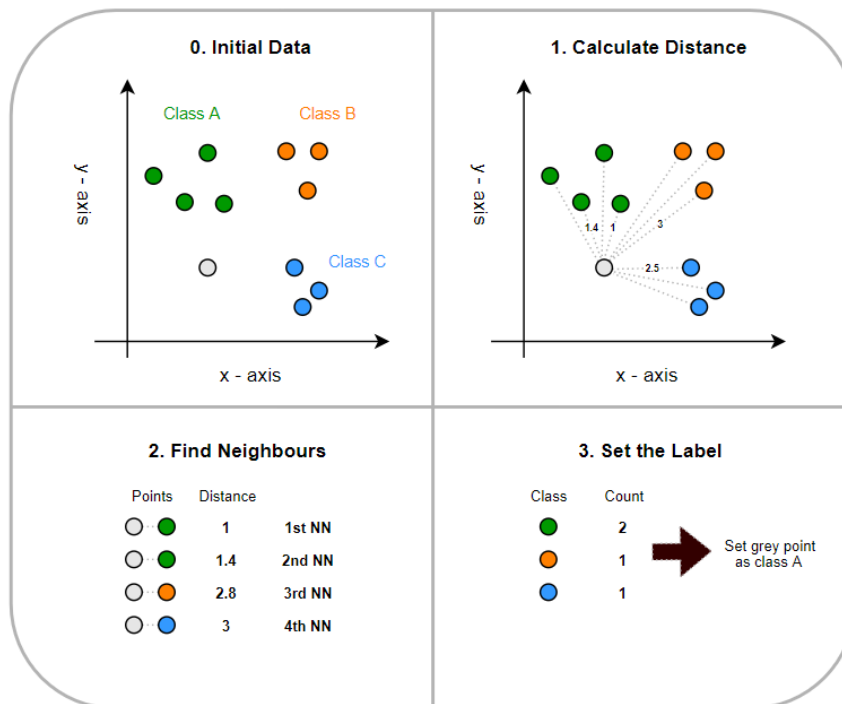


Figure 1. KNN Steps



### 3. Results and Discussion

In this study, classification, which is a data mining technique, has been used in the financial situation analysis of companies operating manufacturing industry. Using the balance sheets of 179 companies, the financial ratios of each company used in the study have been calculated. The Springate score of each firm whose

financial ratios have been calculated and their financial status has been labeled. Cross validation has been applied to group the dataset. The reason for using cross validation is to reach the most objective and accurate result possible by evaluating the results obtained for different partitionings. The dataset has been divided into 10 groups and the KNN algorithm has been run for each group. The results are as follows:

Table 2. KNN Result

<b>accuracy: 88.42%</b>	<i>true Fail</i>	<i>true Well</i>
<i>Fail</i>	404	64
<i>Well</i>	55	504
	88.02%	88.73%

As seen in Table 2, there are a total of 459 companies whose financial situation is fail. 404 of these records have been classified correctly and 55 of them have been incorrectly classified, resulting in an accuracy rate of 88.02%. For 568 companies with good financial status, 504 records have been classified correctly and 64 records incorrectly, an accuracy rate of 88.73% has been obtained. According to general table, 88.42% accuracy has been obtained. Classification accuracy ratio has been used for classification performance measurement.

All operations has been performed using RapidMiner program.

### 4. Conclusions and Recommendations

In this study, the financial risk estimation of the companies has been made using the classification method. KNN algorithm has been chosen for classification. Looking at the results, it is observed that the algorithm works with 88.42% success.

One of the factors affecting the success rate of the algorithm is the training dataset. In this study, the training dataset has been created by taking an equal number of random from both groups.

The results of this study showed that the classification technique can be applied in the financial situation analysis of companies and successful results will be obtained. In addition, it is clear that the improvements to be made on the model or algorithm will increase the classification success.

### 5. Acknowledge

This study is supported by Ege University Scientific Research Projects Directorate with the project number FDK-2020-21759.

### References

[1] Ashraf, S., GS Félix, E., & Serrasqueiro, Z. (2019). Do traditional financial distress prediction models predict the early warning signs of financial distress?. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(2), 55.

[2] Selimoğlu, S., & Orhan, A. (2015). Finansal başarısızlığın oran analizi ve diskriminant analizi kullanılarak ölçülmesi: BİST’de işlem gören dokuma, giyim eşyası ve deri işletmeleri üzerine bir araştırma. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (66), 21-40.

[3] Beaver, W. H., (1966). Financial ratios as predictors of failure. *Journal of Accounting Research*, 71-111.

[4] Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), 589-609.

[5] Ohlson, J. A. (1980). Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 109-131.

[6] Aktaş, R. (2003). Mali Başarısızlığın Öngörülmesi: İstatistiksel Yöntemler ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 58(04).

[7] Özkan, M., & Boran, L. (2014). Veri Madenciliğinin Finansal Kararlarda Kullanımı. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 59-82.

[8] Kürklü, E., & Türk, Z. (2017). Financial failure estimate in bist companies with Altman (Z-score) and Springate (S-score) models. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1-14.

[9] Altman, E. I. (2000). Predicting Financial Distress Of Companies: Revisiting ZScore and ZETA Models. Stern School of Business, New York University.

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

[11] Dasarathy, B. V. (1991). Nearest neighbor (NN) norms: NN pattern classification techniques. *IEEE Computer Society Tutorial*.

[12] Aktas, M. (2009). İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında hisse senedi getirileri ile ilişkili olan finansal oranların araştırılması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 137-150.

[13] Yurdakul, M., & Yusuf, İ. Ç. (2003). Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik Topsis Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-18.

[14] Karadeniz, E., & İskenderoğlu, Ö. (2011). İstanbul Menkul Kıymetler Borsası’nda işlem gören turizm işletmelerinin aktif karlılığını etkileyen değişkenlerin analizi. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 22(1), 65-75.



# Trafo Merkezleri İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kontrol Sistemi Tasarımı ve Uygulaması

Sercan Aygün<sup>1</sup> Abdullah Sevin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Fakültesi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6242-0391), [sercan.aygun@ogr.sakarya.edu.tr](mailto:sercan.aygun@ogr.sakarya.edu.tr)

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Fakültesi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9694-0870), [asevin@sakarya.edu.tr](mailto:asevin@sakarya.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1010748)

**ATIF/REFERENCE:** Aygün, S., Sevin, A. (2021). Trafo Merkezleri İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kontrol Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 30-35.

## Öz

Elektrik enerjisinin ev ve işyerleri gibi alanlar için uygun gerilim seviyesine dönüştürülmesi trafo merkezleri tarafından sağlanmaktadır. Trafo merkezleri ile önemli bir miktarda enerji iletimi yapılmaktadır. Günümüzde neredeyse tüm kamu ve özel kurum ve kuruluşlara ait kritik altyapılar bu elektrik iletimine bağlı olarak çalışmaktadır. Hastaneler, sanayi kuruluşları, nükleer ve diğer santraller, bankalar, askeri birimler vs. gibi birçok alandaki bu kritik altyapıda oluşabilecek sıkıntılar hayati veya maddi problemlere yol açacaktır. Bu nedenle bu merkezlerde meydana gelen bir arızanın hızlı bir şekilde tespit edilmesi, ilgili kişilere bildirilmesi ve arıza türüne göre doğru müdahalenin yapılması hayati ve maddi kayıpların önüne geçecektir. Trafo merkezi kontrolünde uzun süre kullanılan SCADA sistemleri güvenli bir seçenek olmasının yanı sıra pahalı bir çözüm sunmaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisinin gelişmesi ile birlikte bu soruna etkin ve daha az maliyetli çözümler üretilmeye başlanmıştır. Bu makalede trafo merkezlerinin uzaktan izlenmesini ve kontrol edilmesini sağlamak amacıyla nesnelerin interneti ve gerçek zamanlı işletim sistemi teknolojilerini kullanan alternatif bir çözüm önerisi sunulmaktadır. Önerilen sistem, ESP32 geliştirme kiti ile Blynk uygulaması üzerinden izleme ve kontrol yapılmasını sağlamaktadır. Tasarlanan sistem sayesinde yüksek gerilim durumlarına, yağ seviyesi arızası, yüksek sıcaklık ve aşırı yük veya akım gibi problemlere gerçek zamanlı müdahale edilebilmektedir. Daha önce kullanılan sistemlerde bulunan özelliklerin yanı sıra gerçek zamanlı işletim sisteminin kullanılması, öncelik mekanizması, redresör grubu takibi, Bluetooth gibi farklı haberleşme teknolojilerinin eklenmesi ve özellikle maliyet etkin bir çözüm önerisi olması sistemin öne çıkan özellikleri olarak sunulmaktadır. Bunun yanı sıra önerilen sistemin, nesnelerin interneti teknolojisinin uygulama alanlarından biri olan akıllı şehirlerde kullanılan akıllı lambalar ile entegre bir senaryo ile de modellenmesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nesnelerin İnterneti, Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi, Trafo, İzleme

## Design and Implementation of the Internet of Things Based Control System for Transformer Centers

### Abstract

The substations provide conversion of electrical energy to the appropriate voltage level for homes and workplaces. A significant amount of energy is transmitted through these substations. Today, critical infrastructures of almost all public and private institutions and organizations operate depending on this electricity transmission. Problems in this critical infrastructure in many areas such as hospitals, industrial establishments, nuclear and other power plants, banks, military, etc., will lead to vital or financial problems. For this reason, rapid detection of a malfunction in these centers, notifying the relevant persons, and making the proper intervention according to the type of malfunction will prevent vital or financial losses. SCADA systems have been used for a long time in substation control, offer an expensive solution, and be a safe option. Effective and less costly solutions have begun to be produced with the development of the internet of things. This article presents a solution proposal that uses the internet of things and real-time operating system technologies to enable remote monitoring and control substations. The proposed system provides monitoring and control over the Blynk application with the ESP32 development kit. The designed system can be intervened in real-time problems such as high voltage situations, oil level failure, high temperature, and overload or current. In addition to the features found in previously used systems, the addition of different communication technologies such as Bluetooth, using of real-time operating system, priority mechanism, battery monitoring, and especially a cost-effective solution offer is presented as the outstanding features of the system. In addition, the proposed system has been modeled with an integrated scenario with smart lamps used in smart cities, which is one of the application areas of the internet of things technology.

**Keywords:** Internet of Things, Real-Time Operating System, Substation, Monitoring

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: [sercan.aygun@ogr.sakarya.edu.tr](mailto:sercan.aygun@ogr.sakarya.edu.tr)

<http://dergipark.gov.tr/ejosat>

## 1. Giriş

Elektrik enerjisi, çeşitli enerji kaynaklarından dönüştürülerek uzun mesafeler katettikten sonra ev ve iş yerlerine gelmektedir. Üretilen enerji yüksek gerilim seviyelerindedir ve bu enerji çeşitli aşamalardan geçerek evlerde kullandığımız gerilim seviyesine dönüştürülmektedir. Trafo merkezleri, bu gerilim dönüştürme işleminin yanı sıra günlük yaşamımızda önemli bir yer tutan elektrik enerjisinin sağlıklı ve verimli dağıtımından ve iletiminden sorumludur. Trafo merkezlerinin sağlıklı işlemesi hayati ve maddi kayıpların önlenmesi için büyük bir öneme sahiptir.

Trafoaların uzun süre kullanılabilmesi için çeşitli etkenlere karşı takibinin yapılması amacıyla SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri kullanılmaktadır (Peharda vd., 2017; Tom & Sankaranarayanan, 2017; Wester vd., 2015). Bu sistemle veriler internet üzerinden merkezi bir yerde toplanmaktadır. Ancak; bu sistem pahalı olması sebebiyle her trafo merkezinde kullanılamamaktadır (SCADA). Herhangi bir uzaktan izleme yöntemi kullanılmayan diğer trafo merkezlerinde kontrol, saha ekipleri tarafından yapılmakta ve arızalara geç müdahale edilmektedir.

Gömülü sistemler, günümüzde yaygın olarak kullanılan ve sadece belirli bir amacı gerçekleştirmesi için üretilen; kısıtlı bir işlemci gücü ve kaynağa (bellek, program hafızası vb.) sahip olan sistemler için kullanılan bir kavramdır. Bu sistemlerde gerçekleştirilmesi gereken işlemler için belirlenen süre hayati öneme sahiptir ve bu zaman kısıtlamasına tamamen uyulması oldukça önemlidir. Örneğin; bir kavşakta bulunan trafik ışıklarında meydana gelebilecek bir zaman sapması, farklı yollar için kısa süre de olsa aynı anda yeşil ışık yanması gibi, trafik kazasına sebep olabilmektedir. Bu sebeple bu tür sistemlerin gerçek zamanlı sistemler ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Gerçek zamanlı sistemlerde kullanılan işlemci genellikle tek çekirdekli olduğundan, görevler işlemci üzerinde sıra ile ve belirli süre kısıtlamasına tabi tutularak gerçekleştirilmektedir. Bu planlama, herhangi bir işletim sistemi kullanılmadan yapılabileceği gibi, bu amaç için tasarlanan Gerçek Zamanlı İşletim Sistemleri (GZİS) ile de yapılabilmektedir. GZİS ile görevler arasındaki geçiş belirli zaman aralıklarına bölünmekte ve çizelgeleme için ayrılan zaman azalmaktadır. Kullanılan GZİS'ne bağlı olarak gerekli zaman kısıtlamalarına tam olarak uyulabilmektedir.

Önerilen sistemle trafo merkezlerinin kontrolü ve takibi Nesnelerin İnterneti (Nİ) teknolojisi yardımıyla uzaktan sağlanabilmektedir. Bu sayede trafo merkezlerinde meydana gelebilecek arızaların tek bir merkezden takibi ile arızaya erken müdahale imkanı sağlanabilmektedir. Böylece olası hayati ve maddi kayıpların boyutu da azalmaktadır. Ayrıca tasarlanan sistem sayesinde arıza sayısı, kesici ve ayırıcı gibi ekipmanlara ait açma ve kapama sayısı gibi istatistik verilerin de toplanması Blynk uygulaması sayesinde mümkün olmaktadır. Bu sayede kesici ve ayırıcı gibi ekipmanlarının bakımları da planlanabilmekte, çok sayıda arıza yapan trafolar için gerekli önlemler alınabilmektedir. Önerilen sistemin ucuz olması ile sistem tüm trafo merkezlerine kurulabilmektedir. Ring sistemi oluşturan trafo merkezlerinde ise besleme aktarımının uzaktan sağlanması bu sayede mümkün olabilecektir. Önerilen sistemde belirlenen görevler arasında gerçek zamanlı geçiş için GZİS kullanılmıştır. Bu sayede görevlerin kesin bir süre içerisinde

gerçekleşmesi sağlanmış ve daha sonra İnsan-Makine arayüzü gibi özelliklerin eklenmesine olanak sağlamıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Literatür Taraması

Son yıllarda, gelişen teknolojiler ile birlikte Nİ teknolojisi çok fazla alanda kullanılmakta ve ilgi de giderek artmaktadır. Nİ, gelişen internet teknolojisi ile birlikte kullanım alanlarının ve ucuz teknolojilerin ortaya çıkması neticesinde yaygınlığının ve bulunabilirliğinin artması sayesinde trafo merkezlerinde kullanılması da gündeme gelmiştir. Bu amaçla önerilen sistemlerde (A H. Mohamad vd., 2018; Jamal vd., 2018; Kumar & Ajitha, 2017; Mrs. A. P. Khandait vd., 2017; Pathania & Aggarwal, 2019; Tarase & Panchade, 2020) trafo merkezlerinin uzaktan kontrolü belli ölçülerde sağlanabilirken, çeşitli sensörlerden (gerilim, akım vb.) gelen veriler takip edilebilmektedir. (Dimpal vd., 2020; Kore vd., 2019; Pawar vd., 2017; Srivastava & Tripathi, 2018) yapmış oldukları çalışmalarda meydana gelen arızalar e-posta veya SMS olarak iletelebilmektedir. Ayrıca, hastane gibi çok önemli yerlere elektrik verilmesinde öncelik tanıyan öneriler de bulunmaktadır (Hasan vd., 2019) ve bu öneriye göre trafo merkezindeki arıza giderildikten sonra elektrik enerjisinin dağıtımı öncelik sırasına göre yapılmaktadır. Trafo merkezlerinde toplanan veriler, uzak bilgisayarlardan izlenebileceği gibi, Android uygulaması ile telefonda da takip edilebilen sistemler geliştirilmiştir (Duttachowdhury vd., 2020). Bununla birlikte, trafo merkezlerinde bulunan kesici gibi bazı ekipmanların uzaktan kontrolünü yapan sistemler de önerilmiştir (Hossain vd., 2019).

Trafoaların kontrol ve takibinin yapılmasında, yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi yapay zeka yöntemleri kullanan bazı uygulamalar geliştirilmiştir (Khairnar vd., 2020; Žarković & Stojković, 2017). (Cheng & Wang, 2011; Emi vd., 2019; Rahman vd., 2017) yapmış oldukları çalışmalarında trafoda meydana gelen hataları hücresel ağ teknolojisi ile iletilmesini önermişlerdir. (Zhao vd., 2019) trafo merkezindeki çeşitli bilgilerin FPGA vasıtasıyla toplanıp, ağ zaman protokolü ile saat bilgisi alınarak uzak bilgisayar ile senkronize eden bir sistem tasarlamışlardır. (Yaman & Biçen, 2019) ise sensör değerlerinin kritik değerleri aşması neticesinde kullanıcıya bildirim gönderen bir uygulama önermişlerdir. (Thangiah vd., 2019), toplanan sensör verilerinin değerlendirilmesinde uç yapay zeka yöntemini kullanılmışlardır. Bununla birlikte, Raspberry Pi gibi ucuz ekipmanların kullanıldığı öneriler de mevcuttur (John vd., 2017). Bu sayede SCADA ve PLC gibi pahalı yöntemlere bir alternatif önerilmiştir. Mariprasath ve Kirubakaran trafonun durum kontrolünün termal görüntü ile yapılmasını önermişlerdir (Mariprasath & Kirubakaran, 2018). Önerilen başka bir sistemde trafo merkezleri ile iletişim uydu üzerinden sağlanmıştır (Sohraby vd., 2018). Wang ve arkadaşları ise trafo merkezlerinde bulunan SF6 gibi tehlikeli gazların takibinin yapılmasının yanı sıra kamera ile uzaktan izlemenin yapılabileceği bir sistem önermişlerdir (Wang vd., 2013). Aynı sistemde sokak lambalarının kontrolü de sağlanmaktadır. Ayrıca; makine öğrenmesinin Nİ ile birlikte kullanıldığı sistem önerisi de bulunmaktadır (Zhang vd., 2020).

Gerçekleştirilen çalışma da ise ESP32 geliştirme kiti ile IOS ve Android üzerinde çalışabilen Blynk uygulaması üzerinden izleme ve kontrol yapılabilmektedir. Önerilen sistem ile yüksek gerilim durumlarına, yağ seviyesi arızası, yüksek sıcaklık ve aşırı yük veya akım gibi problemlere gerçek zamanlı müdahale imkanı sağlanmıştır. Daha önce kullanılan sistemlerde bulunan

özelliklere artı olarak gerçek zamanlı işletim sisteminin kullanılması, öncelik mekanizması, Bluetooth gibi farklı haberleşme teknolojilerin eklenmesi, mobil haberleşme ve özellikle maliyeti emsallerine göre düşük bir çözüm önerisi olması sistemin öne çıkan özellikleridir. Önerilen sistemin nesnelere internetinin uygulama alanlarından biri olan akıllı şehirlerde kullanılan akıllı lambalar ile entegre bir senaryo ile birlikte kullanılması da mümkündür.

## 2.1. Sistem Mimarisi

Elektriğin hayatımızdaki yeri ve önemi arttıkça, elektrik enerjisinin evlerimize ve işyerlerimize dağıtılmasından sorumlu trafo merkezlerinin takibi hayati önem arz etmektedir. Trafoların izlenmesi ve arızalara zamanında müdahale edilmesi hayati ve maddi kayıpların azalmasını hatta kimi durumlarda önlenmesini sağlamaktadır. Trafolar için tehlike arz eden aşağıdaki durumlara karşı önlem alınması gerekmektedir:

- **Yüksek Gerilim:** Şehir şebekesinde kullanılan trafolar genellikle 34,5 kV giriş gerilimini 220V ve 380V AC'ye dönüştürmektedir. Her devre elemanı gibi trafoların da bir dayanım gerilimi bulunmaktadır. Bu dayanım geriliminin aşılması trafoların zarar görmesine neden olur. Modern çıkış hücrelerinde bu gerilimi takip edip kesiciyi açtıran bir işlemci ünite bulunmaktadır. Önerilen sistem bu sinyali alıp kesiciyi açtırdığı gibi internet üzerinden de bu bilgiyi yayınlamaktadır.

- **Yağ Seviye Arızası:** Trafolarda kullanılan soğutma yağının durumunu kontrol eden Buschollz rölesi üzerinden alınan bilgi ile kesici güç anahtarı açtırılmaktadır.

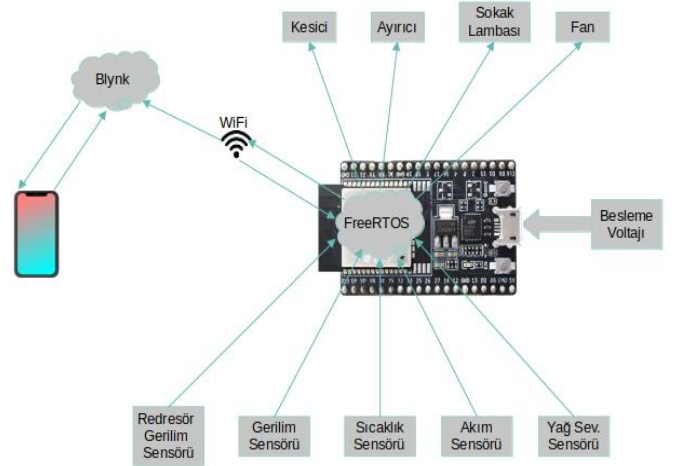
- **Yüksek Sıcaklık:** Sıcaklığın artması trafoyu ciddi şekilde tehdit etmektedir. Sıcaklık sensöründen alınan veriye göre fan çalıştırılmakta, sıcaklığın aşırı artması ile kesici anahtarı açtırılarak trafonun daha fazla çalışması önlenmektedir.

- **Aşırı Akım/Yük:** Trafo merkezlerinde kullanılan trafoların besleyebileceği bir akım/yük miktarı bulunmaktadır. Kışın elektrikli sobaların, yazın da klimaların kullanılması sebebiyle trafoların karşılayabileceğinden daha fazla akım çekilebilmektedir. Trafo merkezlerinde bu akımı takip edip kesiciyi açtıran bir işlemci ünite bulunmaktadır. Önerilen sistem bu sinyali alıp kesiciyi açtırdığı gibi internet üzerinden bu bilgiyi de yayınlamaktadır.

### 2.2.1. Blok Diyagram

Önerilen sistem mimarisi Resim. 1'de görülmektedir. Bu sistemde kontrol, ESP32 kiti ile sağlanmıştır. Trafo

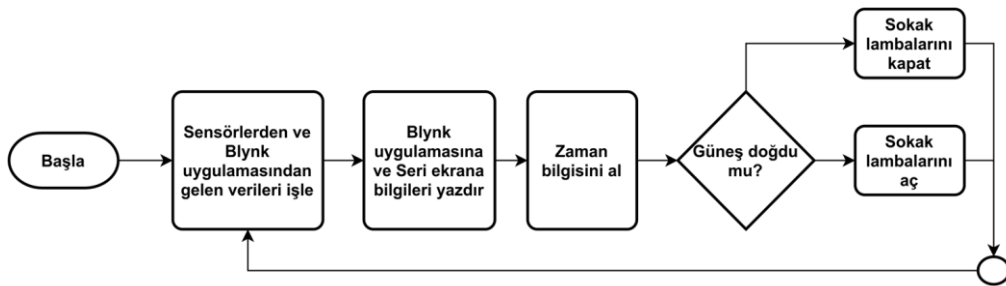
merkezlerinde kullanılan sensörlerden gelen bilgiye göre kesicinin kontrolü sağlanmıştır. Sensörlerden elde edilen veriler kablosuz internet aracılığıyla Blynk uygulamalarına gönderilmiştir. Bu sayede sistemin uzaktan takibi ve kontrolü mümkün kılınmıştır. Kablosuz ağ üzerinden alınan saat verisi ile sokak lambaları güneşin doğuş ve batış zamanlarına göre açılıp kapatılmıştır. Sıcaklık sensöründen alınan bilgiye göre fan aktif edilmekte, buna rağmen sıcaklığın yükselmeye devam etmesi durumunda kesici açtırılarak trafo sargılarının daha fazla ısınıp yanmasına engel olunmaktadır.



Resim.1 Blok diyagram.

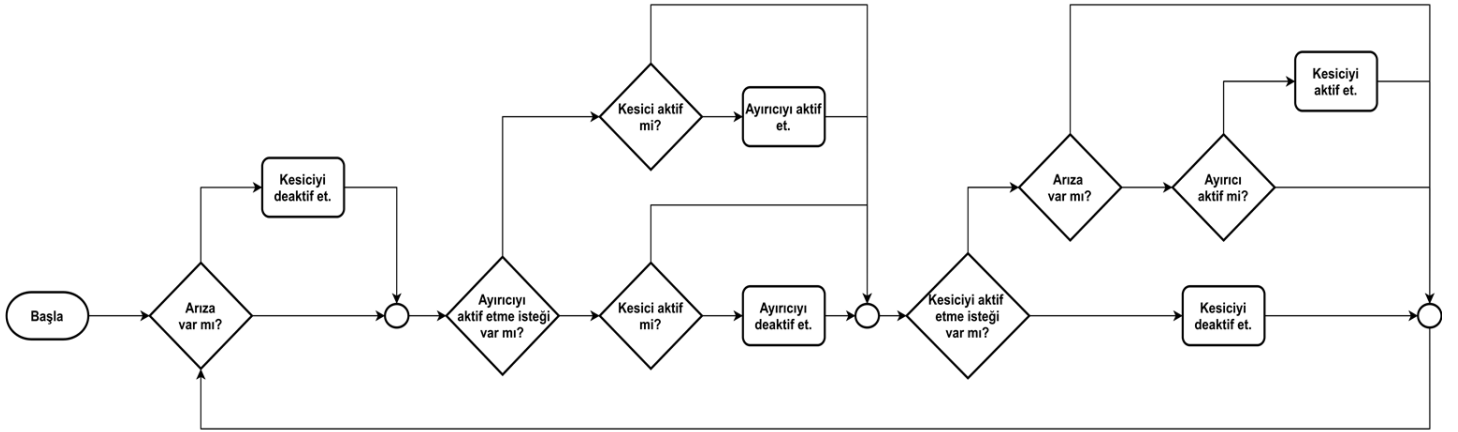
### 2.2.2 Çalışma Prensipleri

Sistemin kontrolü için ESP32 kiti kullanılmıştır ve veriler bu kit sayesinde Blynk platformuna gönderilmiştir. Sistemde sıcaklık sensörü ve redresör gerilimini simüle etmesi için potansiyometre kullanılmıştır. Okunan sıcaklık değerine göre fanın çalıştırılması ve aşırı yüksek sıcaklıklarda kesicinin açtırılması sağlanmıştır. Bununla birlikte redresör geriliminin belirli bir değer altına düşmesi ile kullanıcıya Blynk uygulaması üzerinden bilgi gönderilmesi sağlanmıştır. Diğer sensörler için ise trafo merkezlerinde standart olarak bulunduğu düşünülen sensörlerden gelen veriler lojik bilgi olarak değerlendirilmiştir. ESP32 kitinde kullanılan işlemcinin programlaması için Arduino IDE ve hızlı prototipleme için hazır kütüphaneler kullanılmıştır. Sistem yazılımı için kullanılan algoritmanın akış şeması Resim. 2'de görülmektedir. Akış şemasından görüleceği üzere yazılımda sensörler ve Blynk uygulamasından gelen komutlar takip edilmektedir. Kesici ve ayırıcı ekipmanlarının kontrolüne ait akış şeması ise Resim. 3'te görülmektedir.



Resim.2 Uygulamaya ait akış şeması.





Resim.3 Kesici ve ayrırcı ekipmanlarının kontrolüne ait akış şeması.

Önerilen sistemde yapılan diğer işlemler şu şekildedir:

• **Güneşin Doğuş ve Batış Zamanının Belirlenmesi:**

Güncel saat bilgisi ağ zaman protokolü ile alınarak güneşin doğuş ve batış zamanına göre sokak lambalarının çalıştırılması sağlanmıştır. Güneşin doğuş ve batış anını hesaplamak için kullanılan (Denklem 1) algoritmada (Sunrise/Sunset Algorithm) öncelikle bulunulan günün yılın hangi gününe denk geldiği belirlenmelidir. Bu amaçla, güncel saat bilgisinin yanı sıra ay ve yıl bilgisi de alınmaktadır. Daha sonra güneşin ortalama anomali hesabını yapabilmek için bulunulan boylam değeri saat cinsine dönüştürülmektedir. Ortalama anomali değeri ile, güneşin açılmal uzaklığını hesaplamak için kullanılan sağ açıklık değerini hesaplayabilmek için güneşin gerçek boylam değeri hesaplanır. Böylece güneşin belirli bir zamanda belirtilen koordinat değerlerine göre konumu belirlenebilecektir. Bununla birlikte, güneşin gerçek boylam değeri, güneşin ekvatora göre olan konumunu ifade eden dik açıklık değerini hesaplamak için de kullanılmaktadır. Hesaplanan dik açıklık değeri ve güneş ışınları ile dikey yön arasındaki açıyı belirten zenit açısı kullanılarak yerel saat bilgisi açı cinsinden hesaplanmaktadır. Son olarak

hesaplanan bu değer dakika cinsine, yerel ofset değeri de eklenecek güneşin doğuş ve batış zamanı belirlenebilmektedir.

$$\omega_o = \frac{(-0.83^\circ) - \phi \times \delta}{\phi \times \delta} (1)$$

• **Kesici ve Ayrırcı Kontrolü:** Trafo merkezlerinde bulunan kesici ve ayrırcıların uzaktan kontrolü Blynk uygulaması sayesinde yapılabilmektedir. Yazılan kodda ayrırcı

kapalı değilken kesicinin kapatılmasına engel olunmuştur. Aynı şekilde sistem enerjili iken (kesici kapalı durumda) ayrırcının açılması da önlenmiştir. Bu sayede ayrırcının yanlış şekilde çalıştırılmasının önüne geçilerek ömrü uzatılmıştır. Sistemde bir arıza olduğu sensörler tarafından bildiriliyorsa kesicinin aktif edilerek trafonun enerjilendirilmesinin önüne geçilmiştir. Blynk uygulamasına ait ekran çıktıları Resim 4'te görülmektedir.

• **Uzak İzleme:** Trafo merkezinde bulunan sensörlerden alınan veriler Blynk uygulamasına gönderilmiştir. Böylece merkez uzaktan izlenebilmektedir. Bununla birlikte, sistemin kontrolü de yine aynı uygulama üzerinden yapılabilmektedir.



Resim.4 Blynk uygulamasına ait ekran görüntüleri.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Prototipin geliştirilmesinde kullanılan ESP32 kiti çift çekirdekli işlemciye sahip olması, Bluetooth ve WiFi çevre birimlerine sahip olması gibi özelliklerinin yanı sıra, Arduino IDE ile birlikte kullanılması neticesinde hızlı prototip geliştirmeye imkan tanımıştır. Kitin yaygın kullanıma sahip olması da hızlı geliştirme yapılmasında etkili olmuştur. Güneşin doğuş ve batış zamanının hesaplanmasında farklı algoritmalar kullanılmaktadır (“Sunrise Equation”, 2021; US Department of Commerce). Ancak, Sakarya ili için en doğru sonucu veren algoritma ile yapılan hesaplamalarda gerçek zaman değerleri ile program tarafından hesaplanan değerler arasında çok az bir sapma meydana geldiği görülmüştür. Gerçekleştirilen uygulamada bu değer tolere edilebilmektedir.

GZİS'nin açık kaynak kodlu olmasının getirdiği avantaj sayesinde gerekli modifikasyon işlemleri gerçekleştirilebilmiştir. Görevler arasında öncelik ataması yapılabilmesi özelliği ile önemli görevlerin önceliğinin artırılması ile birlikte sistemin güvenliği artırılmıştır. Bununla birlikte, Arduino IDE geliştirme ortamı ve hazır kütüphaneler her ne kadar doğru ve hızlı geliştirmeye olanak sağlasa da tam olarak gerçek zaman kısıtlarına uyulmasına zaman zaman engel olmaktadır. Bu nedenle, görevler arasındaki geçişlerde gecikme olmaması amacıyla GZİS kullanılmıştır.

Trafo merkezlerinde bulunan ayırıcı ve kesici ekipmanlarının uzaktan kontrolünün sağlanabilmesi sonucunda ring sisteminde bulunan merkezler arasındaki enerji aktarımı uzaktan kontrol edilebilmektedir. Bu merkezlerde kesici ve ayırıcının manevra işlemlerinin yapılmasını sağlayan redresör grubu gerilimi de uzaktan izlenebilmektedir. Bunun sonucunda redresör grubunda tespit edilen bir arızaya hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi sayesinde trafo merkezinin erişilebilirliği artırılmıştır.

### 4. Sonuç

Geliştirilen sistem, trafo merkezlerinin uzaktan kontrol ve izlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan SCADA sistemlerine göre daha az maliyetli ve gerçek zamanlı haberleşmeye imkan sağlayan, mobil teknolojiler gibi birçok yenilikçi yönü olan bir alternatif çalışma olmuştur. Prototipin geliştirilmesinde kullanılan gerçek zamanlı işletim sistemi ARM, Intel, Xilinx mikroişlemcileri başta olmak üzere birçok işlemci mimarisini desteklemektedir. Bu nedenle prototipin diğer mimarilere aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Mobil uygulamalarda çalışabilmesi için Blynk uygulaması kullanılmıştır ve program üzerinden izleme ve kontrol yapılması sağlanmıştır. Prototipin geliştirilmesinde kullanılan araçlar, önerilen sistemin gelişime açık olmasını ve farklı sistemlere adapte edilebilmesini sağlamıştır. Böylece, önerilen sisteme İnsan-Makine arayüzü gibi eklenebilecek özelliklerin sayısı artmıştır. Bu nedenle, sistemin güvenliğini ve izlenmesini arttırabilecek eklentiler yapılması oldukça kolaylaşmıştır. Akıllı lambalar gibi birçok nesnelerin interneti uygulamasıyla önerilen sistemin birlikte kullanılması da mümkündür.

### Kaynakça

A H. Mohamad, A., S. Mezaal, Y., & F. Abdulkareem, S. (2018). Computerized power transformer monitoring based on internet of things. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4), 2773.

- Cheng, X., & Wang, Y. (2011). The remote monitoring system of transformer fault based on The internet of Things. *Proceedings of 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology*, 1, 84-87.
- Dimpal, M. P., Mayank, P., Pratik, G., Pramod, K., & Kshitija, D. (2020). Monitoring And Controlling Of Transformer Using IoT. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education (IJARIIE)*, 6(5).
- Duttachowdhury, D., Patil, V., Parab, A., Patel, R., & Nikum, K. *Transformer Monitoring and Control Using IoT*. IOSR Journal of Engineering (IOSR-JEN) vol. 10, 40-43
- Emi, P., Sivasankari, R., Kumar, P., Prabha, R., Jayageetha, J., & Karhikeyan, A. (2019). *Fault Detection in Transformer Using GSM Technology*. 868-873.
- Hasan, W. K. A., Alraddad, A., Ashour, A., Ran, Y., Alkelsh, M. A., & Ajele, R. A. M. (2019). Design and Implementation Smart Transformer based on IoT. *International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering*, 16-21.
- Hossain, Md. S., Rahman, M., Sarker, Md. T., Haque, Md. E., & Jahid, A. (2019). A smart IoT based system for monitoring and controlling the sub-station equipment. *Internet of Things*, 7, 100085.
- Jamal, H., Nadeem Khan, M. F., Anjum, A., & Janjua, M. K. (2018). Thermal Monitoring and Protection for Distribution Transformer Under Residential Loading Using Internet of Things. *2018 IEEE Global Conference on Internet of Things (GCIoT)*, 1-6.
- John, A., Varghese, R., Krishnan, S. S., Thomas, S., Swayambu, T. A., & Thasneem, P. (2017). Automation of 11 kv substation using raspberry pi. *2017 International Conference on Circuit ,Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, 1-5.
- Khairnar, V., Kolhe, L., Bhagat, S., Sahu, R., Kumar, A., & Shaikh, S. (2020). Industrial Automation of Process for Transformer Monitoring System Using IoT Analytics. İçinde G. Ranganathan, J. Chen, & A. Rocha (Ed.), *Inventive Communication and Computational Technologies* (ss. 1191-1200). Springer.
- Kore, P., Ambare, V., Dalne, A., Amane, G., Kapse, S., & Bhavarkar, S. (2019). IoT Based Distribution Transformer Monitoring and Controlling System. *Journal of Research and Advancement in Electrical Engineering*, 2(1).
- Kumar, T. A., & Ajitha, A. (2017). Development of IoT based solution for monitoring and controlling of distribution transformers. *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, 1457-1461.
- Mariprasath, T., & Kirubakaran, V. (2018). A real time study on condition monitoring of distribution transformer using thermal imager. *Infrared Physics & Technology*, 90, 78-86.
- Mrs. A. P. Khandait, Swapnil Kadaskar, Girish Thakare, & Priyadarshini college of Engineering, nagpur. (2017). Real Time Monitoring of Transformer using IOT. *International Journal of Engineering Research And*, V6(03), IJERTV6IS030200.
- Pathania, S., & Aggarwal, S. K. (2019). *IoT Based Distribution Transformer Health Monitoring System* [Thesis]. <http://tudr.thapar.edu:8080/jspui/handle/10266/5788>. Erişim tarihi 20 Eylül 2021
- Pawar, R. R., Wagh, P. A., & Deosarkar, S. B. (2017). Distribution transformer monitoring system using Internet of

- Things (IoT). *2017 International Conference on Computational Intelligence in Data Science (ICCIDS)*, 1-4.
- Peharda, D., Ivanković, I., & Jaman, N. (2017). Using Data from SCADA for Centralized Transformer Monitoring Applications. *Procedia Engineering*, 202, 65-75.
- Rahman, S., Dey, S. K., Bhawmick, B. K., & Das, N. K. (2017). Design and implementation of real time transformer health monitoring system using GSM technology. *2017 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)*, 258-261.
- SCADA. <https://www.sedas.com/tr-tr/DagitimHizmetleri/Pages/Scada.aspx>. Erişim tarihi 14 Mayıs 2021,
- Sohraby, K., Minoli, D., Occhiogrosso, B., & Wang, W. (2018). A Review of Wireless and Satellite-Based M2M/IoT Services in Support of Smart Grids. *Mobile Networks and Applications*, 23(4), 881-895.
- Srivastava, D., & Tripathi, M. M. (2018). Transformer Health Monitoring System Using Internet of Things. *2018 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 903-908.
- Sunrise equation. (2021). *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sunrise\\_equation&oldid=1023027239](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sunrise_equation&oldid=1023027239), Erişim tarihi 14 Mayıs 2021
- Sunrise/Sunset Algorithm. [https://edwilliams.org/sunrise\\_sunset\\_algorithm.htm](https://edwilliams.org/sunrise_sunset_algorithm.htm). Erişim tarihi 14 Mayıs 2021,
- Tarase, K. B., & Panchade, V. M. (2020). Monitoring and Controlling of Substation Using IoT in Distribution Power Grid. *2020 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*, 66-70.
- Thangiah, L., Ramanathan, C., & Chodisetty, L. S. (2019). Distribution Transformer Condition Monitoring based on Edge Intelligence for Industrial IoT. *2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 733-736.
- Tom, R. J., & Sankaranarayanan, S. (2017). IoT based SCADA integrated with Fog for power distribution automation. *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1-4.
- US Department of Commerce, N. *ESRL Global Monitoring Laboratory—Global Radiation and Aerosols.*, <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/calcdetails.html>. Erişim tarihi 20 Eylül 2021
- Wang, J. H., Li, X. Z., Lu, R. T., & Sun, F. J. (2013). Internet of Things Based Auxiliary Control System for Smart Substation. *Advanced Materials Research*, 614-615, 1790-1795.
- Wester, C., Engelman, N., Smith, T., Odetunde, K., Anderson, B., & Reilly, J. (2015). The role of the SCADA RTU in today's substation. *2015 68th Annual Conference for Protective Relay Engineers*, 622-628.
- Yaman, O., & Biçen, Y. (2019). An Internet of Things (IoT) based Monitoring System for Oil-immersed Transformers. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(3), 226-234.
- Žarković, M., & Stojković, Z. (2017). Analysis of artificial intelligence expert systems for power transformer condition monitoring and diagnostics. *Electric Power Systems Research*, 149, 125-136.
- Zhang, C., He, Y., Du, B., Yuan, L., Li, B., & Jiang, S. (2020). Transformer fault diagnosis method using IoT based monitoring system and ensemble machine learning. *Future Generation Computer Systems*, 108, 533-545.
- Zhao, L., Brandao Machado Matsuo, I., Zhou, Y., & Lee, W.-J. (2019). Design of an Industrial IoT-Based Monitoring System for Power Substations. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(6), 5666-5674.



# Dağıtık Defter Teknolojileri ve Uygulama Alanları Üzerine Bir İnceleme

Emre Şafak<sup>1\*</sup>, Çağlar Arslan<sup>2</sup>, Mesut Gözütok<sup>3</sup>, Tacettin Köprülü<sup>4</sup>

<sup>1</sup> HAVELSAN A.Ş., ARGE TEKNOLOJİ VE ÜRÜN YÖNETİMİ BÖLÜMÜ, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7579-3410)

<sup>2</sup> HAVELSAN A.Ş., ARGE TEKNOLOJİ VE ÜRÜN YÖNETİMİ BÖLÜMÜ, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1856-9329)

<sup>3</sup> HAVELSAN A.Ş., ARGE TEKNOLOJİ VE ÜRÜN YÖNETİMİ BÖLÜMÜ, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5919-1951)

<sup>4</sup> HAVELSAN A.Ş., ARGE TEKNOLOJİ VE ÜRÜN YÖNETİMİ BÖLÜMÜ, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4395-6064)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1011289)

**ATIF/REFERENCE:** Şafak, E., Arslan, Ç., Gözütok M., Köprülü T. (2021). Dağıtık Defter Teknolojileri ve Uygulama Alanları Üzerine Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 36-45.

## Öz

Dağıtık defter teknolojisi verilerin dağıtık olarak saklandığı ve yönetildiği yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Mevcut merkezi sistemler güvenlik, güvenilirlik ve kesintisiz çalışma konusunda sorunludur. Verilerin tek bir noktada tutulması sunucuların siber saldırılara açık bir merkez haline getirilmesine neden olmaktadır. Bunun yanında merkezi sunucuların yöneticileri veya saldırganlar verileri manipüle edebilmektedir. İnternete bağlı cihazların sayısının artmasıyla merkezi sunucuların tüm istekleri karşılayabilmesi giderek zorlaşmaktadır. Tüm bu problemleri gidermek için dağıtık defter teknolojisinin kullanıldığı çalışmalar artmaktadır. Dağıtık defter teknolojisinde veriler dağıtık olarak tutulduğu için tek bir saldırı noktası oluşmamakta ve veriler hiçbir katılımcı tarafından değiştirilememektedir. Katılımcılar birbirleri arasında merkezi bir sunucu olmadan aracısız işlem yapabileceği için işlem yoğunluğu ne kadar fazla olursa olsun sistem kesintisiz olarak çalışabilmektedir. Dağıtık defter teknolojisinin teknik olarak açıklandığı ilk makale 1991 yılında yayımlanmıştır. İlk yaygın kullanımı 2008 yılında ortaya çıkan Bitcoin kripto parasıdır. Bitcoin, küresel finans sisteminin çöktüğü 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından geliştirilen aracısız ve güvenli ödeme sistemidir. Bitcoin kripto parasının popüler hale gelmesi ile birlikte arkasındaki dağıtık defter teknolojisi olan blok zinciri ile ilgili farklı sektörlere yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalarda blok zinciri teknolojisinin hız ve ölçeklenebilirlik açısından yeterli olmadığı görülmüştür. Hashgraph, Tangle, Holochain ve Tempo dağıtık defter teknolojileri geliştirilmiştir. Bu makalede mevcut dağıtık defter teknolojileri ile savunma, siber güvenlik, sigorta, tedarik zinciri, dijital hak yönetimi, sağlık, enerji ve finans alanlarında nasıl kullanılabileceği açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dağıtık Defter Teknolojisi, Blok Zinciri, Hashgraph, Tangle, Holochain, Tempo, Dağıtık Defter Teknolojileri Uygulamaları, Savunma, Siber Güvenlik, Tedarik Zinciri, Dijital Hak Yönetimi, Sağlık, Enerji, Finans

## A Survey of Distributed Ledger Technologies and Application Areas

### Abstract

Distributed ledger technology offers a new approach in which data is stored and managed in distributed. Centralized systems are problem in terms of security, reliability and uninterrupted operation. Data keeping in single point causes center servers to become open to cyber attacks. In addition administrators of central servers or attackers can manipulate data. With the increase in the number of devices connected to the Internet, it is increasingly difficult for central servers to answer all requests. In order to solve all these problems, studies using distributed ledger technology are increasing. Distributed ledger technology, there is no single point of failure because the data is kept in a distributed and data can't be changed by any participant. The system can operate uninterruptedly, no matter how high the transaction density as the participants can transact between each other without a central server. The first article describing the distributed ledger technology technically was published in 1991. The first widespread use is Bitcoin, which emerged in 2008. Bitcoin is without intermediary and secure payment system developed by Satoshi Nakamoto in 2008, when the global financial system collapsed. The popularization of Bitcoin cryptocurrency, studies on different sectors related to blockchain which is distributed ledger technology behind it have began. Blockchain technology due to the fact that is not sufficient in terms of speed and scalability, Hashgraph, Tangle, Holochain and Tempo distributed ledger technologies have been developed. In this article explains with existing distributed ledger technologies and defence, cybersecurity, insurance, supply chain, digital rights management, healthcare, energy and finance application areas.

**Keywords:** Distributed Ledger Technology, Blockchain, Hashgraph, Tangle, Holochain, Distributed Ledger Technology Applications, Defence, Cyber Security, Supply Chain, Digital Right Management, Health, Energy, Finance

\* Sorumlu Yazar: HAVELSAN A.Ş., ARGE TEKNOLOJİ VE ÜRÜN YÖNETİMİ BÖLÜMÜ, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7579-3410, [esafak@havelsan.com.tr](mailto:esafak@havelsan.com.tr)



## 1. Giriş

Dağıtık defter teknolojisi ilk olarak 1991 yılında Stuart Haber ve W. Scott Stornetta tarafından yayımlanan "How to time-stamp a digital document" makalede açıklanmıştır (Haber ve Stornetta, 1991). Dağıtık defter teknolojisinin aşağıdaki yer alan sorunları çözebilme potansiyeline sahip olduğu için giderek önemli hale gelmektedir (Antal, Cioara, Anghel, Antal ve Salomie, 2021).

- Güvenilirliğini kaybeden merkezi otoriteler olmadan işlem yapılamamaktadır.
- Aracısız işlem yapılamamaktadır.
- Veritabanı yöneticileri veya siber saldırganlar merkezi verileri manipüle edebilmektedir.
- Anonim işlem yapılamamaktadır.
- Kullanıcılar verileri üzerinde tam kontrol sahibi değildir.
- Endüstri 4.0 ile milyarlarca cihazın işlem ağına katılması ile mevcut yöntemlerin işlem kapasiteleri aşılmaktadır.

Dağıtık defter teknolojisi birden çok düğüm ve birden çok katılımcı tarafından yönetilen merkezi olmayan bir veritabanıdır (Antal vd., 2021). Dağıtık defter teknolojisinde eşler arası ağ olmalı, katılımcılar bulunmalı, konsensüs mekanizmaları kullanılmalı ve değiştirilemezlik sağlanmalıdır (Kannengießer, Lins, Dehling ve Sunyaev, 2020). Eşler arası ağ, ağda bulunan taraflar merkezi bir otoriteye gerek kalmadan aracısız işlem yapabilmektedir. Merkezi sunucuların maruz kaldığı DDoS (Distributed Denial-of-Service) saldırılarının engellenmesi sağlanabilir. Katılımcılar, ağdaki işlemleri kaydeden, doğrulayan, paylaşan ve senkronize eden bilgisayarlardır. Konsensüs mekanizmaları, dağıtık defter teknolojisinde ağa veri ekleyen bir merkezi otorite olmadığı için veri ekleme için bir uzlaşma algoritması kullanılmalıdır. Bu sayede ağdaki kötü niyetli kişilerin ağı bozma çabaları engellenmektedir. Değiştirilemezlik, dağıtık defter teknolojisine kaydedilen verilerin hiçbir katılımcı tarafından değiştirilemesidir. Dağıtık defter teknolojisinde iki genel sistem tasarımı vardır; herkese açık veya izinli dağıtık defterler. Herkese açık dağıtık defterler herkesin erişimine açık olarak tasarlanmıştır. Son kullanıcılar izinsiz olarak ağa katılabilir, ağı doğrulayabilir veya ağdan ayrılabilir. İzinli defterler, genellikle belirli bir kullanıcı grubu için tasarlanırlar. Ağın fikir birliğine varmasında önceden belirlenen katılımcı grubu sorumludur. İzin verilen son kullanıcılar ağa katılabilir, ağı doğrulayabilir veya ağdan ayrılabilir (Antal vd., 2021).

Lamport vd. (1982) tarafından yayımlanan Byzantine Generals Problem başlıklı makale ile mevcut durumda merkezi bir otorite olmadan taraflar arasında güvenin nasıl sağlanmadığı bir şehri kuşatan bizans generalleri üzerinden açıklanmıştır. Bizans generalleri problemi makalesinde şehri ele geçirmeye çalışan generaller arasında hainlerin bulunması durumunda şehre saldırmada zaferi garantileyen güvensiz bir sistemin nasıl geliştirilebileceği açıklanmaktadır. Bu problem dağıtık defter teknolojisinin geliştirilmesi için ilk gelişme olarak kabul edilebilir (Lamport, Shostak ve Pease, 1982).

Haber ve Stornetta (1991) tarafından yayımlanan How to time-stamp a digital document başlıklı makalede dijital belgelerde zaman damgasının nasıl gerçekleştirilebileceği açıklanmıştır. Dijital belgelerin zaman damgası ile imzalanmasındaki amaç e-ISSN: 2148-2683

belgenin oluşturulma veya değiştirilme tarihçesinin doğru bir şekilde takip edilebilmesini sağlamaktır. Güvenilir zaman damgası servisi için dağıtık defter teknolojilerinin temelini oluşturan hash ve dijital imza teknolojisi önerilmiştir. Hash fonksiyonu girdi olarak verilen farklı uzunluktaki anahtarın sabit uzunlukta bir çıktı vermesini sağlayan tek yönlü şifeleme yapılmasını sağlar. Bu sayede belgenin bütünlüğü sağlanmaktadır. Dijital imza ile işleme yapan taraf ve onay tarihi ile dijital belgeye eklenmektedir (Haber ve Stornetta, 1991).

Mazieres ve Shasha (2002) tarafından yayımlanan makalede güvenilir olmayan bir sunucuda güvenilir bir ağ dosya sisteminin nasıl uygulanacağı açıklanmıştır. Önerilen yöntemde sunucu yalnızca bir kullanıcının diğerinin yaptığı tek bir değişikliği bile görmesini geciktirirse iki kullanıcı bir daha asla birbirinin değişikliklerini görmez. Bu sayede olası herhangi bir kurcalamanın engellenmesi amaçlanmaktadır (Mazieres ve Shasha, 2002).

Nakamoto (2008) tarafından yayımlanan makalede herhangi bir merkezi otorite olmadan taraflar arasında düşük maliyetli ödeme yapılmasını sağlayan Bitcoin açıklanmıştır. Ardından kullanıcıların bu sistemi ticaret için kullanmaya başlamasıyla kripto para olarak kabul görmüştür. Bitcoin blok zinciri olarak adlandırılarak dağıtık defter teknolojisi türünün temelini oluşturmuştur. Bitcoin sisteminde veriler dağıtık olarak doğrulayıcı katılımcılarda bloklar içerisinde saklanmaktadır. Ağa veri ekleme işlemi doğrulayıcı düğüm olarak adlandırılan madenciler tarafından yapılmaktadır. Madenciler hash bulma problemini güçlü makineler ile çözmeye çalışır ve bu problemi ilk çözen madenci bloğu ağa ekler. Bu yöntem Proof of Work uzlaşma mekanizması olarak adlandırılmaktadır (Nakamoto, 2008).

Buterik tarafından 2013 yılında yayımlanan makalede Ethereum blok zinciri altyapısı ve kripto parası tanımlanmıştır. Ethereum, herkesin blok zinciri teknolojisinde çalışan merkezi olmayan uygulamaları oluşturmaya ve kullanmasına izin veren açık kaynak blok zinciri platformudur. Ethereum blok zinciri akıllı sözleşmeleri desteklemektedir. Akıllı sözleşmeler, geliştiricilerin blok zinciri ağında işbirliği yapan farklı kuruluşlar arasında temel iş süreçlerini yürütmesini ve varlıkların tanımlanmasına izin veren programlardır. Ethereum ile ortaya çıkan akıllı sözleşmeler sayesinde blok zinciri teknolojisinin ilk kez farklı alanlarda kullanılabilmesi sağlanmıştır. İşlemler ağdaki madenciler tarafından blok zinciri ağına eklenmektedir ve uzlaşma algoritması olarak Proof of Work konsensüs algoritması kullanılmaktadır (Buterik, 2013).

Arslan vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada nesnelerin interneti cihazlarında güvenliği ve gizliliği sağlayabilmek için geleneksel merkezi yaklaşımların yeterli olmadığı ifade edilmektedir. Bu nedenle güvenli, özerk ve güvenilir nesnelerin interneti platformu oluşturabilmek için dağıtık defter teknolojisinin kullanılması önerilmektedir. Dağıtık defter teknolojisi ile oluşturulan nesnelerin interneti platformu güvenlik, gizlilik ve merkezi olmayan çalışma sağlama potansiyeline sahiptir (Arslan, Jurdak, Jelitto, ve Krishnamachari, 2020).

Pandl vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada yapay zeka ve dağıtık defter teknolojisinin birlikte kullanılması önerilmektedir.

Yapay zeka teknolojisi dağıtık defter teknolojisinin güvenliğini artırmak, akıllı sözleşmeleri iyileştirmek, gizliliği korumak ve sistemi daha otonom hale getirebilmek için kullanılabilirliği belirtilmektedir. Yapay zeka ağdaki işlemleri sürekli izleyerek olası saldırıların gerçekleşmeden öngörülebilmesini sağlar. Bunun yanında özellikle herkese açık dağıtık defter teknolojilerinde madencilik işleminde çoğunluğun ele geçirebilmesini önlemek için yapay zeka faydalı olacaktır. Kullanıcıların kötü niyetli akıllı sözleşmelerden korunması ve bu sözleşmelerin analiz edilmesi yapay zeka teknolojisi kullanılarak sağlanabilir. Yapay zeka dağıtık defter teknolojisinde kayıt ve doğrulama işlemlerini yerel bilgisayarlardan yapılmasını sağlayarak kişisel gizliliğin korunmasını sağlayabilir. Bu çalışma ile yapay zeka ve dağıtık defter teknolojisinin kaynaşması ile çok daha güçlü sistemlerin tasarlanması sağlanarak kullanım alanları artırılabilir (Pandl, Thiebes, Schmidt-Kraepelin ve Sunyaev, 2020).

Yapılan çalışmada ilk olarak dağıtık defter türleri açıklanmış ardından uygulama alanlarında bahsedilmiş ve son olarak sonuçlar tespit edilmiştir.

## 2. Dağıtık Defter Türleri

### 2.1. Blok Zinciri

Blok zinciri verilerin bloklar içerisinde tutulduğu ve her bir bloğun kendinden önceki bloğun hash bilgisini tuttuğu dağıtık defter teknolojisidir. Her bir blok başlık ve veri olmak üzere iki temel kısımdan oluşur. Başlık kısmında blok zincirinin içerisindeki verilerin kriptografik hash bilgisi ve kendinden önceki bloğun hash bilgisini tutulmaktadır. Bu sayede zincir şeklinde bir veri yapısı oluşmaktadır (Cagigas, Clifton, Diaz-Fuentes ve Fernández-Gutiérrez, 2021). Bloktaki verilerin hash bilgisinin hesaplanabilmesi için Merkle Ağacı yöntemi kullanılmaktadır. Merkle Ağacı yöntemi ile ilk olarak bloklarda yer alan işlemlerin hash bilgileri alınır. Ardından işlemlerin hash verilerine hash işlemi tekrar uygulanarak ara hash verileri elde edilir. Son katmanda ara düğümlerin hash bilgileri alınarak kök hash verisi elde edilmektedir. Blok zinciri teknolojisinden hash işlemi için SHA 256 algoritması kullanılmaktadır (Chen, Chou ve Chou, 2019). Katılımcılar blok zinciri ağına mesaj gönderirken asimetrik şifreleme ve dijital imza teknolojisini kullanırlar. Asimetrik şifrelemede şifreleyen ve çözen anahtar bilgileri farklıdır. Bir anahtar herkese açık diğeri sadece kullanıcıda bulunan anahtar çiftidir. Açık anahtar ile şifrelenmiş bir veri ancak ilgili özel anahtar ile çözümlenebilmektedir. Açık anahtardan özel anahtara ulaşmak çok yüksek hesaplama gücü gerektiğinden neredeyse imkansızdır (Qadir ve Varol, 2019). Dijital imza teknolojisi ile verinin bütünlüğünün bozulmadığının kontrolü yapılmaktadır. Gönderici mesajın hash bilgisini kendi özel anahtarı ile şifreler ve alıcı göndericinin açık anahtarı ile şifreyi açarak verinin bütünlüğünü kontrol etmektedir (Singh, Iqbal, ve Jaiswal, 2015). Blokların veri kısmında ise katılımcılar tarafından yapılan işlemler tutulmaktadır. Blokların kendinden önceki blokların hash bilgilerini tutması sayesinde bir bloktaki veri değiştirilirse sonrasındaki blokların da değiştirilmesi gerekeceği için blok sayısı arttıkça önceki blokların güvenliği sürekli olarak artmaktadır. Blokların yer aldığı zincir dağıtık olarak katılımcılarda yer almaktadır. Veriler bir blok zincirine işlendikten sonra kalıcıdır ve manipüle edilmesi neredeyse imkansızdır. Blok zinciri ağında bir kullanıcı bir işlem talep ettiğinde, bu işlemin detayları eşler arası bir şekilde tüm bu düğümlere yayınlanır. Her düğüm daha sonra işlemin geçerli

olduğunu doğrular ve işlemin onaylanması için belirlenen konsensüs algoritması ile blok ağı eklenir (Wamba, Kamdjou, Bawack ve Keogh, 2020). Blok zincirinde Proof of Work, Proof of Stake ve Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) konsensüs algoritmaları kullanılmaktadır. Proof of Work konsensüs algoritmasında veriler ağı eklenmeden önce madenciler tarafından bir hash problemi çözülür ve ilk çözen madenci bloğu ağı ekler. Bu yöntemin dezavantajı oldukça fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Proof of Stake konsensüs algoritmasında blokları ağı ekleyecek madenci sahip olduğu kripto varlığa göre belirlenir. En fazla kripto paraya sahip madenci bloğu ağı ekleyebilmektedir. PBFT konsensüs algoritmasında ise iki aşamalı doğrulama vardır. İlk aşamada belirlenen kullanıcılar tarafından bloğun onaylanması gerekir. İkinci aşamada ağdaki tüm doğrulayıcı katılımcıların onayı gerekmektedir. Geliştirilen blok zinciri uygulamalarında bu algoritmalar aynen veya revize edilerek kullanılabilir (Bach, Mihaljevic, ve Zagar, 2018). Blok zinciri uygulamaları geliştirmek için Ethereum, Hyperledger ve Corda gibi altyapılar yaygın kullanıma sahiptir. Ethereum işlemleri doğrulamak ve kaydetmek için uygulamalar geliştirilmesini sağlayan açık kaynak blok zinciri uygulama geliştirme platformudur. Ether kripto parasına sahiptir. Ethereum akıllı sözleşmeleri desteklemektedir. Akıllı sözleşmeler geliştirmek için Solidity dili kullanılmaktadır. Ethereum akıllı sözleşmeleri Ethereum Sanal Makinesi üzerinde çalışmaktadır. Her gerçekleşen işlem için ücret ödenmesi üzerine kurgulanmıştır. Ethereum 2.0 ile konsensüs algoritması olarak Proof of Stake kullanılmaktadır. Hyperledger kurumsal blok zinciri uygulama geliştirme için kullanılan açık kaynak blok zinciri uygulama geliştirme altyapısıdır. Linux topluluğu tarafından geliştirilmektedir. PBFT konsensüs algoritmasını kullanılmaktadır. Hyperledger'in kripto parası bulunmamaktadır. Hyperledger Fabric, Hyperledger Iroha ve Hyperledger Sawtooth en bilinen uygulama geliştirme altyapısıdır. Hyperledger altyapıları akıllı sözleşmeleri desteklemektedir. Hyperledger'da gelişmiş kimlik doğrulama, veri gizliliğini sağlar. Hyperledger ile Java, Go ve NodeJS dilleri kullanılarak geliştirme yapılabilir. Modüler mimariye sahiptir. Corda finansal uygulamalar geliştirmek için kullanılan açık kaynak blok zinciri altyapısıdır. Corda diğer blok zinciri altyapıları ile birlikte çalışabilmektedir. Corda altyapısı bulut ortamında bir servis olarak çalıştırılabilir ve docker entegrasyonu vardır (Şafak, Arslan ve Gözütok, 2020).

### 2.2. Hashgraph

Hashgraph hızlı ve güvenli işlemler için 2018 yılında Swirlds tarafından geliştirilmiş dağıtık defter teknolojisidir. Hashgraph ağında işlemleri doğrulamak için madenciler bulunmamaktadır. Bunun yerine işlemleri bloklara ayırmadan işlemleri zaman içerisinde ayırmayı sağlayan yönlendirilmiş graf kullanılır. Hashgraph ağında düğümler arasında bilgi göndermek için rastgele dedikodu protokolü kullanılmaktadır. Rastgele dedikodu protokolü bilgileri bir düğümden başka bir düğüme zaman damgalı olarak rastgele aktarmak ve senkronize etmek için kullanılır. Bu protokol tüm verilerin ağına tüm üyelerine dağıtıldığından emin olmak için kullanılır. Rastgele dedikodu protokolü ile kullanıcılar yalnızca kendi işlemleriyle ilgili bilgileri paylaşmazlar aynı zamanda mevcut mesajına önceki işlemleriyle ilgili bilgileri de ekleyerek gönderirler. Hashgraph ağındaki her işlem olay olarak adlandırılmaktadır. Olay zaman damgalıdır. Olay içerisinde işlemler, olayı oluşturan ve rastgele seçilen diğer katılımcının hash bilgisi tutulmaktadır. Hashgraph işlemleri ağı eklemek için sanal oylama konsensüs algoritmasını

kullanılmaktadır. Sanal oylama algoritması ile işlem sırasına göre fikir birliğine varılmaktadır. Sanal oylama ile Hashgraph ağının üçte ikisi tarafından kabul edilen işlemler geçerli sayılır ve her düğüm tarafından deftere kaydedilir. Sanal oylama çoğunluk sağlanmaması durumunda birkaç tur gerçekleşebilmektedir. Hashgraph, daha fazla olay gerçekleşirken yayılmak için daha az bilgi gerektirdiğinden daha yüksek işlem hızları sağlamak için rastgele dedikodu protokolü kullanır. Hashgraph ağında saniyede 10.000'den fazla işlem gerçekleştirilebilir. Hashgraph ağında blok yapısı kullanılmadığı için aynı anda iki bloğun oluşturulmasından kaynaklı sorunlar da görülmemektedir. Her olay önceden rezerve edildiği için verimliliğin artırılması sağlanmıştır (Dolenc, Turk ve Pustišek, 2020). Hashgraph asenkron bizans hata toleransı ile uyumludur. Asenkron bizans hata toleransı ağın güvenilir düğümlerinin ağda güvenilmez katılımcılar olsa bile işlemin zamanlaması ve sıralaması konusunda uzlaşmaya varabilmesidir. Ağdaki düğümlerin üçte biri işlemi geciktirerek veya başka şekilde ağı bozmaya çalışırsa bile Hashgraph ağında fikir birliğine varılabilmektedir. 100 byte boyutunda kripto para transferleri kullanılarak yapılan testlerde saniyede 500.000 işlem gerçekleştirilebilmiştir. Akıllı sözleşmeler kullanılarak yapılan testlerde saniyede yapılan işlem sayısı 10 olarak gerçekleşmiştir. Dosya işlemlerinde ise saniyede yapılan işlem sayısı 10 olarak tespit edilmiştir. Hashgraph akıllı sözleşmeler ve dosya depolamayı desteklemektedir. Akıllı sözleşmelerin geliştirilebilmesi için Solidty dili kullanılmaktadır. Hashgraph dağıtık defter teknolojisi ile uygulama geliştirebilmek için Java ve Lisp dili kullanılmaktadır. Hashgraph altyapısı kullanılarak Hedera ve NOIA olmak üzere aktif iki ağ bulunmaktadır (Hedera, 2021). Hedera Hashgraph hızlı ve güvenli dağıtık defter teknolojisi ağıdır. Farklı türden merkezi uygulamalar geliştirebilmek için uygundur. İşlem ücretleri son derece düşüktür. Hedera Hashgraph ağına katılım herkese açıktır. Hedera Hashgraph kendi kripto parasına sahiptir. Bitcoin'de işlem ücreti \$22.57, Ethereum'da işlem ücreti \$19.55 iken Hedera Hashgraph ağında \$0.0001'dir. Bunun yanında işlem süresi Bitcoin'de 10-60 dakika, Ethereum'da 10-20 saniye ve Hedera Hashgraph ağında 3-5 saniyedir. Bu nedenle Hedera Hashgraph mevcut popüler kripto parası bulunan blok zinciri altyapılarından daha avantajlıdır. Hedera Hashgraph'ın HBAR adında kendine ait bir kripto para birimi vardır. Eşler arası ödeme sistemleri, merkezi olmayan uygulamalar oluşturmak, mikro ödeme çözümleri geliştirmek ve ağı korumak için kullanılır. NOIA, yeni nesil hızlı ve güvenli internet altyapısı için düğümleri kullanan dağıtık çözümdür. Random Gossip protokolü sayesinde her paket şifreli olarak en uygun yol üzerinden yönlendirilir. NOIA ağına katılım herkese açıktır (Şafak, Arslan ve Gözütok, 2020).

### 2.3. Tangle

Tangle, birbirine oklarla bağlı olan düğümlerden oluşan herkesin kullanımına açık dağıtık defter teknolojisidir. 2015 yılında ortaya çıkmıştır. Her düğüm en az iki düğüme bağlı olmalıdır. Yeni bir düğüm oluşturmak için düğümün önceki iki düğümü doğrulaması ve geçerlemesi gerekir. Doğrulanmamış düğümlere ipuçları denir. Her düğüm bir dizi veri veya işlem belgesi içerir. Tangle, DAG veri yapısını kullanır. DAG veri yapısı işlemleri tek bir yöne işaret eden bir graf formatında saklayan ve geçmiş işlemlerin mevcut ve gelecekteki işlemleri doğrulayamayacağı şekilde dairesel olmayan bir defterdir. Tangle dağıtık defter teknolojisinde fikir birliği mekanizması her işlemin önceki iki işlemi onaylayarak doğrulanmasını gerektirir. Doğrulama işleminde bir algoritmaya dayalı olarak önceki iki

işlem seçilir ve kriptografik problem çözülerek tamamlanır. Her düğüm bir madenci olduğundan Tangle dağıtık defter teknolojisinden madenci gerekmemektedir. Bu sayede yeni işlem eklemenin maliyeti sıfırdır (Saad ve Park, 2019). Tangle ağında eski işlemlere işaret eden bir işlem grafının oluşturduğu karmaşıklık sayesinde ölçeklenebilirlik artmaktadır. Konsensüs mekanizması her yeni işlemin yalnızca rastgele seçilen iki önceki işlemi onaylamasını gerektirdiğinden bir sonraki bloğu beklemek zorunda kalmadan birden fazla işlem hemen doğrulanabilir. Teorik olarak birden fazla işlemin aynı anda doğrulanmasına olanak verir. Tangle dağıtık defter teknolojisinde ağdaki kayıt sayısı arttıkça ölçeklenebilirlik artmaktadır. Tangle, diğer dağıtık defter teknolojilerine göre kuantum bilgisayarlara karşı en güçlü dağıtık defterdir (Živi, Kadušić ve Kadušić, 2019). Tangle dağıtık defter teknolojisinin zayıflığı birden çok düğüm arasında veri senkronizasyonunun sağlanması konusunda zorluklar yaşanmaktadır. Tangle, ağdaki kötü niyetli saldırıları önlemek için merkezi ve geçici bir fikir birliği mekanizması olarak hareket eden Koordinatör kullanır. Bir koordinatör düğümü kullanılması teknolojinin yeterince dağıtık olmadığı anlamına gelebilir. Tangle dağıtık defter teknolojisinin esas olarak IoT ve kurumsal ölçekte en önemli faydası tüm blok zinciri madenciliği sürecinin temel dayanağı olan madencileri tamamen ortadan kaldırmasıdır. Tangle ağında işlemleri doğrulamak için madencilere ihtiyaç yoktur. Tangle, madencileri denklemden çıkararak her işlemi madencilerden bağımsız hale getirir ve yalnızca önceki bir işleme dayanır (Bhandary, Parmar ve Ambawade, 2020). Tangle veri yapısını kullanan en önemli uygulamaları IOTA ve ByteBall'dır.

IOTA, nesnelere interneti için tasarlanmış Tangle dağıtık defter teknolojisinin uygulaması ve kripto para birimidir. 2017 yılında ortaya çıkmıştır. IOTA kripto parasını depolamak için dijital cüzdanı bulunmaktadır. IOTA, işlemleri doğrulamak için madencileri kullanmaz. Bunun yerine işlemi yayımlayan düğüm önceki işlemi doğrulaması gerekir. Bu sayede milyonlarca cihazın yer aldığı ağda nesnelere interneti ağında yüksek ölçeklenebilirlik ve hız sağlanmaktadır. IOTA ağında işlem ücreti yoktur. IOTA ağında IOTA kuruluşu tarafından işletilen bir koordinatör düğüm aracılığıyla fikir birliğine varılabilir. Özellikle ağına bağlanan cihazların sayısının artması ile birlikte işlemlerin hızlı ve güvenli bir şekilde yapılabilmesini sağlama potansiyeline sahiptir (Silvano ve Marcelino, 2020).

ByteBall, farklı sektörlerde kullanılabilen Tangle dağıtık defter teknolojisinin uygulamasıdır. ByteBall, Tangle defterinde tuttuğu verilerden bayt başına ücret talep etmektedir. ByteBall akıllı sözleşmeleri desteklemektedir. Akıllı sözleşmelerin kodlanmış kuralları değiştirilemezdir. Akıllı sözleşmeler geliştirici olmayanların bile sözleşme tanımlayabileceği ölçüde basitleştirilmiştir. ByteBall anonimlik için tasarlanmış kripto para birimine sahiptir. Bu kripto para BlackBytes olarak adlandırılmaktadır. BlackBytes şifreli mesajlaşma yoluyla iletişim kuran taraflar arasında gönderilebilir. Tangle dağıtık defter teknolojisi Blackbytes'ın önceki sahibinin artık ona sahip olmadığını kaydeder ancak yeni Blackbytes alıcısını kaydetmez. Bitcoin ağındaki tüm işlemler blok zincirinde depolandığından ve izlenebildiğinden bu kripto paranın Bitcoin'e göre bir takım avantajları vardır (Şafak vd., 2020).

### 2.4. Holochain

Holochain; güvenli, güvenilir ve hızlı eşler arası uygulamalar geliştirilmesini sağlayan açık kaynak dağıtık defter teknolojisidir. 2018 yılında ortaya çıkmıştır. Holochain her



katılımcının kendi yerel zincirini tutmasını esas almaktadır. Bu sayede ağ her düzeyde dağıtık hale getirilmiş ve ağ boyutunun azaltılması sağlanmıştır. Her katılımcı kendi zincirini tuttuğunda ağdaki tüm verilerin diğer katılımcılar tarafından bilinmesine gerek yoktur. Zincirlerin, mesajların ve doğrulama onaylarının kriptografik imzalanması kaynak ve hesap verilebilirliği korur. Katılımcılar kendi verileri üzerinde tam kontrol sahibidir. Verilerin bütünlüğünün kontrolünün sağlanabilmesi için her zincirin hash bilgisi dağıtık hash tablosunda tutulmaktadır. Dağıtık hash tablosu katılımcılarda dağıtık olarak tutulmaktadır (Schueffel vd., 2017). Yerel zincirlerin doğruluğu dağıtık hash tablosu ile kontrol edilmektedir. Katılımcıda kayıt zincirinin tutulduğu cihaz zarar görürse bilgiler kaybedilebilir. Holochain mevcut internet mimarisini dağıtık hale getirmeyi önermektedir. Mevcut internet mimarisinde uygulamalar merkezi sunucular üzerinde çalışır. Holochain ile dağıtık uygulamalar geliştirilerek güvenli sistemlerin geliştirilmesi sağlanacaktır. Kullanıcı verileri geleneksel internet mimarisinde merkezi sunucular üzerinden tutulmaktadır. Holochain dağıtık defter teknolojisi ile kullanıcı verilerin merkezi sunucular üzerinde tutulması yerine kendi cihazlarında tutabilmelerini sağlamaktadır. Kullanıcılar verileri üzerinde tam kontrol sahibi olacaktır. Blok zinciri gibi veri merkezli yapılarda ağdaki her düğüm onay sırasındaki işlemleri doğrular ve deftere kaydeder. Ancak veri boyutu arttıkça sistem yavaşlamaya başlar. Buna karşılık Holochain düğüm merkezli yapısı sayesinde kullanıcıların kendi geçmiş kayıtlarını tutmasını sağlar (Harris-Braun, Luck ve Brock, 2018). Holochain, geliştiricilerin Javascript programlama dilini kullanan dağıtılmış uygulamalar oluşturmasını sağlayan bir platform oluşturmuştur. Holochain'de fikir birliği mekanizmaların çalıştırmak için madencilik işlemi yapılmamaktadır. Dağıtılmış defterlerin yalnızca sürümünü korumak gerektiğinden daha düşük donanım kaynakları yeterli olmaktadır. Holochain ağında bir mobil cihazda birden fazla tam düğüm çalıştırabilir. Holochain ağında işlemler gecikme yaşanmadan anlık olarak gerçekleşir. Holochain ağında sürüm kontrol özelliği sayesinde kullanıcılardan gelen verilerin kontrolü sağlanmaktadır. Kullanıcı gelecek verinin doğruluğunu verinin geldiği düğümün sürüm bilgisinin kontrolü ile sağlamaktadır. Bu sayede ağ bozmaya çalışan hareketler engellenmiş olacaktır. Katılımcılar kendi kişisel defterlerini sakladığı için ağ oldukça ölçeklenebilirdir. Holochain üzerinde uygulamalar geliştirebilmek için Rust programlama dili kullanılmaktadır (Zia, Benbouzid, Elbouchikhi, Muyeen, Techato ve Guerrero, 2020).

Holo, yeni dağıtık internet mimarisine bir köprü olan Holochain uygulamaları (hApps) için dağıtılmış bir eşler arası uygulama adres barındırma platformudur. Holo dağıtık alan adı sistemi olarak tanımlanmaktadır. Holo, kullanıcılara yedek bilgisayar kapasitelerinden para kazanma fırsatı da sunar. Holo, dağıtılmış Holochain uygulamaları ile mevcut merkezi web arasında bir köprü görevi görür. Gerekli işlem gücü ve depolama alanı ağdaki isteyen katılımcılar tarafından yapılabilmektedir. Ağdaki herkes bilgisayarını holo uygulama depolayıcısına dönüştürebilir ve HoloFuel'den ödeme alarak uygulama barındıran kaynak olabilir. Holochain üzerine kurulu Holo uygulamasının amacı hApp'leri ana akım internet kullanıcıları için kolayca erişilebilir kılmaktır. Holo sayesinde kullanıcılar tarayıcılar üzerinden dağıtık uygulamalara erişim sağlayabilmektedir (Brock, Atkinson, Friedman, Harris-Braun, McGuire, Russell, Perrin, Luck, Harris-Brau, 2017).

## **2.5. Tempo**

*e-ISSN: 2148-2683*

Tempo dağıtık defter teknolojisinde defter parçalama yöntemi kullanılarak katılımcılarda tutulmaktadır. Ağdaki defterin tamamı kullanıcılarda tutulmadığı için kaynak kullanımı açısından verimlidir. Her düğüm ağın tamamının bir alt kümesini tutmaktadır. Her alt kümenin alt kümeleri de yine farklı düğümlerde tutularak olası veri kayıplarının önüne geçilmektedir. Defterin her alt kümesine parça adı verilir ve her bir alt kümenin bir kimliği vardır. Ağın parçalı olarak tutulması sayesinde ağın daha büyük miktarda veri kaydedilebilmesi sağlanır ve ölçeklenebilirlik artırılmıştır. Tempo dağıtık defter teknolojisi her parçanın kayıtlı olan verileri doğru sırayla içermesini sağlar. Her parçanın dağıtılmış defter hakkında güncel bilgilere sahip olduğundan emin olmak için dedikodu protokolü kullanılır. Bu protokol ile ağdaki düğümler birbirleriyle iletişim kurar ve parçalarına ilişkin bilgileri iletir. Dağıtılmış defter teknolojisinin özelliklerine ilişkin bu protokölün bu tür mimaride bilgileri yaymanın etkin yollarından biri olduğu kanıtlanmıştır. Bu protokol ile ağdaki düğümler herhangi bir yeni yapılandırma hakkında ağa bilgi verir ve bilgileri diğer düğümlere iletir. Diğer düğümler daha sonra bilgileri optimize eder ve parçalarını buna göre senkronize eder. Düğümlerin ağda gerçekleşen yeni işlemleri doğrulamak için güncelleme parçalarına ihtiyacı olacağından bu işlem gereklidir. Dedikodu protokolü doğrudan bağlı oldukları diğer düğümler hakkındaki meta verileri de duyurabilir (Şafak vd., 2020). Tempo dağıtık defter teknolojisinde bir düğüm işlemleri doğrulamak istediğinde mantıksal saatler kullanılır. Dağıtılmış defter veritabanının olağan zaman damgası kendi başına fikir birliğine varamaz. Böylece meydana geldiği zaman eşleştirmek yerine kendisinden önce olanı görür. Önceki bir işlem A ise ve şimdi yeni bir B işlemi gerçekleştiyse, düğümler B'den önce A işleminin olup olmadığını görecektir. Dolayısıyla düğümler o olayın gerçek zamanı yerine olay sırasını kaydedecektir. Tempo dağıtık defter teknolojisinde her düğüm yerel olarak belirli düğümün tanık olduğu olayların toplam sayısını temsil edecek artan tamsayı değerine sahip bir mantıksal saat içerir. Mantıksal saat düğümün tanık olduğu olayların sayısını temsil eden artan tam sayı değeridir. Katılımcılar daha önce görmedikleri yeni bir olay gördüklerinde bu sayı artırılacaktır. Herhangi bir işlem kaydedilirken mantıksal saat numarası da beraberinde saklanacaktır. Düğümler daha önce görmedikleri yeni bir etkinlik gördüklerinde mantıksal saat numaraları artırılacaktır. Herhangi bir olayı kaydederken mantıksal saat numarasını da onunla birlikte saklanacaktır. Bu numara geçmiş işlemlerle yeni işlemlerin doğrulanmasına yardımcı olur. Tempo dağıtık defter teknolojisinin en önemli uygulaması Radix platformudur (Masood & Faridi, 2018).

Radix, Tempo dağıtılmış defter teknolojisi üzerine çalışmaktadır. Şirket piyasadaki diğer tüm dağıtık defter platformlarından daha ölçeklenebilir ve daha hızlı çalıştığını ifade etmektedir. Radix platformu herkese açıktır ve madencilik işlemi herkes tarafından yapılabilmektedir. Madencilik işlemi için akıllı telefonlar ve modem gibi düşük donanım kaynakları yeterli olmaktadır. Radix, Google Cloud altyapısını kullanarak yaptığı performans testinde 1.4 milyon TPS sayısına ulaşmıştır. Test için 17 ülkeye yayılmış 1.187 düğüm kullanılmıştır. Test verisi olarak 10 yıllık Bitcoin işlem geçmişi kullanılmış ve işlem bir saatten daha kısa sürede tamamlanmıştır. Toplam veri 2<sup>64</sup> parçaya bölünerek düğümlere dağıtılmıştır. Test sırasında parçalama düğümler arasında düşük miktarda parça %10 örtüşecek şekilde ayarlanmıştır. Radix dağıtık defter teknolojisi hala nihai olarak olgunlaşmamıştır ve henüz kararlı bir sürüm yayınlanmamıştır (Radix, 2020).



### 3. Dağıtık Defter Teknolojileri Uygulama Alanları

#### 3.1. Savunma

Dağıtık defter teknolojisi ülkelerin savunma alanında dijital bütünlüğünün sağlanabilmesi için kullanılabilir. Savunma alanındaki veriler ülkelerin ulusal güvenliklerini doğrudan etkilediği için kritik öneme sahiptir. Dağıtık defter teknolojisi güvenlik özelliği ile öne çıkan bir teknolojidir. Dağıtık defter içerisine kaydedilen veriler değiştirilemez ve kullandığı güçlü kriptografik algoritmalar sayesinde yalnızca yetkili kullanıcıların erişimi sağlanabilmektedir. Veriler tek bir hata noktası yerine dağıtık olarak saklandığı için sistem olası siber saldırılara karşı da dirençlidir. Dağıtık defter teknolojisinde hiçbir katılımcı ağda değişiklik yapma yetkisine sahip değildir. Dağıtık defter içerisine kaydedilen veriler silinemez ve tahrir edilemez. Dağıtık defter ağı içerisine bir kayıt eklenebilmesi için belirlenen doğrulayıcı katılımcıların onayı gerekmektedir. Kritik veriler ile ilgili bir diğer zorluk bu verilerin güvenli olarak paylaşılabilmesidir. Dağıtık defter teknolojisi kritik verilerin güvenli olarak saklanması ve paylaşılmasını sağlamaktadır. İçerisinde gerekli kurumların yer aldığı kapalı bir savunma ağı ile kritik veriler dijital ortamda güvenli olarak saklanabilir, paylaşılabilir ve yönetilebilir (Sudhan & Nene, 2017). Dağıtık defter teknolojisi ile askeri tedarik zinciri süreçlerinin dijital ortamda güvenli olarak izlenebilmesi ve yönetilebilmesi sağlanabilir. Diğer birçok sektörde olduğu gibi savunma sektöründe de tedarik zinciri verileri için tek bir doğrulama noktası yoktur. Herkes kendi kayıtlarını tutmaktadır. Verilerin bu şekilde parçalı olarak tutulması tedarik zincirlerini izleme ve yönetmede hataların giderilmesini zorlaştırmaktadır. Tedarik zincirindeki taraflar arasındaki verilerin şeffaflığının yeteri kadar sağlanamaması güven eksikliğine neden olabilmektedir. Bu nedenle içerisinde askeri tedarik zinciri dahillerinin yer aldığı dağıtık defter altyapılı platform geliştirilerek tüm süreçler dijital olarak hızlı, güvenli ve şeffaf olarak gerçekleştirilebilir (Rahayu, RMN, Kamarudin ve Azahari, 2019).

Locheed Martin dağıtık teknolojisini kullanan ilk ABD savunma şirkettir. Temel amaç silah sistemindeki manipülasyon tehdidini engelleyerek veri bütünlüğünü sağlamaktır. Bunun yanında savunma alanında tedarik zinciri risk yönetimi için çalışmaktadır. Mevcut proje planlarının güvenliği sağlamak amacıyla dağıtık defter tabanlı sistemde depolanmaktadır (Worth, 2018).

#### 3.2. Siber Güvenlik

Dağıtık defter teknolojisi sistemleri siber güvenlik saldırılarına karşı güçlü bir şekilde koruma sağlama potansiyeline sahiptir. Siber saldırılar genellikle sistemin işleyişini bozma, verileri ele geçirme, verileri değiştirme, verileri silme ve kişilerin şifrelerini ele geçirme amaçlarıyla yapılmaktadır. Dağıtık defter teknolojisi ile geliştirilen uygulamalar bu amaçlarla yapılacak saldırılara karşı diğer sistemlere göre çok daha dayanıklıdır. Sistemin işleyişini bozmak için yapılan saldırıda amaç ağ trafiğini artırarak erişimi engellemektir. Bu saldırıların sistemi etkilemesinin nedeni sunucuların merkezi olmasından kaynaklıdır. Dağıtık mimari sayesinde tek noktadan kaynaklı hatalar engellenerek bu risk en aza indirilecektir. Bu sayede sistem çalışması kesintisiz olarak devam edebilmektedir. Veri günümüzde birçok sektörün gelişimi için en önemli bileşendir. Bu nedenle siber saldırganlar

tarafından veriler açık hedeftir. Yapılan saldırılarda veriler ele geçirilebilir, silinebilir veya değiştirilebilir. Merkezi sistemler bu saldırıları engellemek amacıyla maliyetli önlemler olsa da çoğu kez bu saldırılardan etkilenmektedir (Mathew, 2019). Dağıtık defter teknolojisinde veriler dağıtık ve şifreli olarak saklanmaktadır. Bu sayede hiçbir katılımcı tarafından ağdaki veriler silinemez ve değiştirilemez. Ağa veri ekleme işlemi de fikir birliği algoritmaları ile sağlandığı için ağın onaylamadığı hiçbir veri ağa eklenemez. Siber saldırganlar sistemin güvenlik önlemlerini aşabilmek için kimlik doğrulama işlemlerinde kullanıcıların şifrelerini ele geçirmeye çalışırlar. Sistemlerde kullanılan basit kimlik doğrulamaları güvenlik açısından zayıflıklara neden olur. Bir kuruluş sistem güvenliği için ne kadar yatırım yaparsa yapsın çalışanların ve müşterilerin şifreleri ele geçirilirse bu çabalar bir anlam ifade etmez. Dağıtık defter teknolojisi cihazların ve kullanıcıların kimliklerini doğrulamak için dağıtılmış genel anahtar altyapısını kullanmaktadır. Dağıtılmış genel anahtar altyapısı kullanıcılara kimlik doğrulamak için şifre yerine SSL sertifikası sağlar. Sertifikaların yönetimi blok zinciri üzerinden sağlandığı için siber saldırganların sahte sertifikaları kullanması neredeyse imkansızdır. Dağıtık defter teknolojisinde kimlik doğrulama işleminde insan faktörünü ortadan kaldırdığı için siber saldırıların buradan gelmesini engeller (Taylor, Dargahi, Dehghantaha, Parizi ve Choo, 2020). NATO, IBM ve General Motor gibi firmalar siber güvenlik için dağıtık defter teknolojisinin kullanılmasına yönelik çalışmalar yapmaktadırlar.

#### 3.3. Sigorta

Sigorta süreçleri mevcut durumda kağıt üzerinden yürütülmesi ve hatalara açık olması nedeniyle verimsizdir. Sigorta süreçlerinin dijital olarak izlenebilmesi ve dolandırıcılıkların engellenebilmesi için dağıtık defter teknolojisinin kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Sigorta süreçleri dağıtık defter teknolojisi ile güvenli, hızlı ve verimli hale getirilebilir. Dağıtık defter teknolojisi sigorta sektöründe talep yönetimi, dolandırıcılık tespiti, risk önleme ve aracısız sigorta sözleşmesi oluşturma amaçlı kullanılabilir. Sigorta işlemleri için talep oluşturma ve işleme almanın mümkün olduğunca kolay olması kullanıcılar için önemlidir. Dağıtık defter teknolojisi ile veriler dağıtık defter üzerinde değiştirilemez olarak tutulduğu için süreçler şeffaf olarak takip edilebilmektedir. Talep oluşturmak için gerekli süreçlerin dijital olarak yürütülmesi akıllı sözleşmeler aracılığıyla sağlanabilir. Talep oluşturmada bazı adımlar otomatik hale getirilebilir (Gatteschi, Lamberti, Demartini, Pranteda ve Santamaría, 2018). ABD’de sağlık sigortası dışındaki sigorta dolandırıcılığının toplam maliyeti 40 milyar dolardan fazladır. Sigorta sektöründeki süreçlerin karmaşık olması sahtekarlık yapmak için kullanılacak boşluklar oluşturur. Sigorta sektöründe sahtekarlıkların önüne geçilmesinde en büyük engel sigorta şirketlerinin birbirleri arasında veri paylaşımının yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Dağıtık defter teknolojisi dolandırıcılık ile mücadele için sigorta süreci içerisindeki taraflar arasında daha iyi koordinasyon sağlar. Dağıtık defter altyapısı ile tasarlanmış sigorta sisteminde aynı zararın farklı sigorta şirketlerinde iki kez karşılanmasının önüne geçilmesi, güçlü kimlik doğrulama ile sahteciliklerin azaltılması ve prim sapmalarının engellenmesi sağlanabilir. Dağıtık defter teknolojisi sigorta sözleşmelerin akıllı olarak tasarlanabilmesini ve yürütülebilmesini sağlar. Akıllı sözleşmeler ile kullanıcılar aracısız olarak sigortalarını başlatabilir, yürütebilir ve yönetebilir. Kullanıcıların geçmiş verileri de sigorta şirketleri

tarafından şeffaf olarak görüntülenebildiği için kişiselleştirilmiş dinamik sözleşmeler oluşturulabilir. Bir sigorta olay talebi gerçekleşirse ödemeler aracısız ve hızlı bir şekilde tamamlanır (Chen, Xu, Shi, Zhao ve Zhao, 2018).

Fizzy, AXA tarafından geliştirilen gecikmeli uçuşlarda kullanıcılara tazminat ödenmesini sağlayan Ethereum ile geliştirilmiş sigorta uygulamasıdır. Fizzy platformunda uçuş gecikme sigortası alındığında işlem dağıtık deftere kaydedilir. Küresel hava trafik veritabanlarına göre sistem üzerinde iki saatten fazla gecikme görüldüğünde akıllı sözleşmeler tarafından tazminat ödemesi otomatik olarak yapılır. Veri setindeki görüntülerin %80'i eğitim ve geçirme işlemi için kullanılırken %20'si test işlemi için kullanılmıştır. Bu neden Veri setindeki 34,684 görüntü eğitim/geçerleme, 8,672 görüntü test için kullanılmıştır. Veri seti 2,1 GB dosya büyüklüğüne sahiptir (Fizzy, 2017).

### 3.4. Tedarik Zinciri

Tedarik zinciri süreçlerinde tüm taraflar kendi yerel kayıtlarını sakladıkları için işlemlerin izlenebilirliği ve koordinasyonu konularında sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Dağıtık defter teknolojisi kayıtların ortak veritabanında tutulması sayesinde tedarik zinciri süreçlerindeki izlenebilirlik ve koordinasyon sorunlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Üretim, savunma, gıda, sağlık ve lojistik alanlarına tedarik zincirleri dağıtık defter teknolojisi ile dijital olarak tasarlanabilir (Moosavi, Naeni, Fathollahi-Fard ve Fiore, 2021). Dağıtık defter teknolojisi ürünlerin izlenebilirliğini artırarak daha hızlı ve düşük maliyetli şekilde teslim edilmesini sağlamaktadır. Tedarik zinciri süreçlerinde dağıtık defter teknolojisi şeffaflık, aracısız ödeme, denetlenebilirlik ve güvenilirlik sağlanmaktadır. Şeffaflık, ürünlerin tedarik zincirindeki tüm tarihçesinin görüntülenebilmesidir. Tedarik zincirlerinde işlemlerin izlenebilir olması olası sahtekarlıkların engellenmesini sağlayacaktır. Tedarik zincirindeki tüm işlemlerin yetkili katılımcılar tarafından görüntülenebilmesi ile denetlenebilirlik artırılabilecektir. Tedarik zincirindeki katılımcılar sağlanan şeffaflık sayesinde banka gibi aracı bir kuruma gerek kalmadan ödeme işlemlerini yapabileceklerdir. Swift gibi uluslararası ödeme sistemleri yüksek maliyetlidir ve uzun sürebilmektedir. Tedarik zincirinde anlık ödemeler için bankalar doğrudan sisteme dahil edilebilir veya tedarik zinciri içerisinde geliştirilecek kripto para kullanılabilir. Dağıtık deftere eklenen veriler dağıtık olarak saklandığı için hiçbir katılımcı tarafından değiştirilemez veya silinemezdir. Hiçbir katılımcı ağın onaylamadığı veriyi ortak deftere kaydedememektedir (Azzi, Chamoun ve Sokhn, 2019).

Walmart, IBM ile birlikte gıda tedarik zincirinde şeffaflık sağlamak için Hyperledger Fabric altyapısını kullanarak IBM Food Trust çözümünü geliştirmiştir. IBM Food Trust ile ürünlerin tarihçesi görüntülenebilecek ve gıda kaynaklı bir hastalık meydana geldiğinde sorunun kaynağını bulmak kolaylaşacaktır (Kamath, 2018).

### 3.5. Dijital Hak Yönetimi

Değiştirilemez token (Non-fungible token – NFT) dijital hak yönetimi sağlamak için kullanılan dağıtık defter teknolojisinin bir uygulamasıdır. Değiştirilemez token varlıkların benzersiz sahipliğini temsil etmek için kullanılan belirteçlerdir. Dijital belirteçlerin kripto para birimlerinden farkı parçalanamaz olmasıdır. Kripto paralardan bir başka farkı da her bir varlığın değeri birbirinden farklıdır. Dijital varlığın yalnızca bir sahibi

olabilir ve bu sahiplik dağıtık defter teknolojisi ile sağlanmaktadır. Ağdaki hiç kimse varlığın sahipliğini değiştiremez ve aynı belirteç tekrar kullanamaz. Dijital belirteçler genellikle sanat, müzik, oyun içi öğeler, spor ve videolar gibi gerçek dünyadaki nesnelere temsil edebilmek için kullanılırlar. Dijital belirteçler yalnızca dijital olarak tutulmaktadır. Geleneksel yöntemlerde bir dijital varlığın birebir kopyası alınabilmektedir. Dağıtık defter teknolojisi ile kayıtlı varlık değiştirilemez ve kopyalanamaz. Kopyalama işlemi ancak orjinal varlığın bir başka versiyonudur (Cornelius, 2021). Bu durum sanat eseri tablonun korunmasına benzetilebilir. Bir sanat eserinin kopyasına sahip olunabilir ancak değerli olan orjinaldir. Dijital belirteçler özellikle son dönemlerde ön plana çıkan içerik üreticiler için önemli fayda sağlayabilir. İçerik üreticileri içeriklerinin sahipliğini, içeriği yayınlamak için kullandıkları platformlara devretmediği yeni bir yaklaşım getirmektedir. Dijital belirteçler kullanılarak yapılan toplam satış 389 milyon dolara ulaşmıştır.

### 3.6. Sağlık

Sağlık gün geçtikçe ülkeler için daha kritik ve önemli hale gelmeye başlamaktadır. Salgın döneminde sahip olduğu önemi teyit etmiştir. Her alanda olduğu gibi sağlık alanında da gelişme sağlayabilmek için veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkeler sağlık verilerinin güvenliğini sağlarken bir yandan da geliştiriciler ile güvenli olarak paylaşabilmesi gereklidir. Sağlık sektöründe dağıtık defter teknolojisinin kullanımı verilerin güvenliğini sağlamak, güvenli veri paylaşımı, sağlık sigortası süreçlerin yönetimi, sağlık tedarik zinciri yönetimi ve genetik verilerin korunmasına yöneliktir. Sağlık verileri ülkeler için kritik öneme sahiptir. Dağıtık defter teknolojisi ile verilerin değiştirilemez ve tutarlı olarak saklanması mümkündür. Kullanıcılar kendi verileri üzerinde tam kontrol sahibi olabilir. Bu sayede verilerin kullanıcıların izni olmadan başkaları ile paylaşılması engellenecektir. Dağıtık defter teknolojisi ile sağlık sigortası sayesinde hastaneler, doktorlar, laboratuvarlar ve güvenlik ağı sağlayıcıları birbirine bağlanarak işlemlerin onaylanması için gerekli tutarlı sağlık verisi akışı sağlanabilir. Dağıtık defter teknolojisindeki veriler değiştirilemediği için işlemlerin tarihçesi de takip edilebilmektedir. Bu sayede sağlık tedarik zincirinde işlemlerin güvenli olarak yürütülebilmesi sağlanacaktır. Sağlık ekipmanları ve ilaçların üretimden son kullanıcıya ulaşana kadar olan tüm aşamalar dağıtık defter üzerinden yürütülebilir. Özellikle ilaç sektörü hastaların sahte ilaçlardan olumsuz etkilenmemesi açısından önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre sahte ilaç endüstrisinin ekonomik büyüklüğü 30 milyar doların üzerindedir (Thenmozhi, Dhanalakshmi, Geetha ve Valli, 2021). Hastaların genomlarının dizilenmesi, analizi ve yorumlanmasının gelecekte sağlık hizmetlerinin temelini oluşturacağı tahmin edilmektedir. Kişisel genom dizilimini genişletmenin önündeki kritik bir engel, genomik verileri güvenli ve yüksek bir bütünlük içinde saklama yeteneğidir. Bulut depolama bu tür verilere herhangi bir yerden ve cihazdan erişmek için çözümler sunarken, tek nokta arıza kayıpları gibi güvenlik, veri bütünlüğü ve sağlamlık açıkları henüz tam anlamıyla giderilmemiştir. Bu nedenle genetik verilerin saklanması ve işlenmesi için dağıtık defter teknolojisi kullanılabilir (Gursoy, Brannon, Wagner ve Gerstein, 2020).

Medicalchain, dağıtık defter teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş elektronik sağlık kayıt platformudur. Medicalchain çeşitli kaynaklardan gelen hasta kayıtlarını birleştirdiği güvenli bir veri depolama sağlamaktadır. Dağıtık defter teknolojisinin

kullanılmasının amacı bir hastanın tıbbi verilerinin tek bir doğru versiyonunu korumaktır. Tasarlanan sağlık dağıtık defter ağında kullanıcılar verileri üzerinde tam kontrol sahibidir ve istedikleri kurumlarla paylaşabilecektir. Medicalchain MedCoin isimli kripto paraya da sahiptir. Bu sayede sağlık verilerinin alınıp satıldığı bir ticaret platformu oluşmaktadır (Medicalchain, 2021).

### 3.7. Enerji

Enerji sektörünün alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımına yönelik devam eden derinlemesine dönüşümü elektrik piyasasında merkezi olarak yönetilebilmesini zorlaştırmaktadır. Dağıtık defter teknolojisi ile enerji alım-satım işlemleri hızlandırılabilir ve mevcut enerji dağıtım süreçleri tamamen dönüştürülebilir. Dağıtık defter teknolojisinin enerji sektöründeki ilk kullanımı eşler arası mikro şebekelerin geliştirilmesidir. Mikro şebekeler iletim yoluyla kaybedilen enerji miktarını en aza indirir. ABD'de üretilen elektriğin tahmini %5'i geçiş sırasında kaybolduğundan dağıtık defter teknolojisi mikro şebekeler için verimli bir alternatif sunar (Jogunola, Hammoudeh, Anoh, Adebisi, 2020). Yeni enerji ticaret ağında enerji üreticileri ürettikleri enerjiyi aracısız olarak alıcılara satabileceklerdir. Bunun için dağıtık defter teknolojisindeki akıllı sözleşmeler kullanılacaktır. Akıllı sözleşmeler tanımlanan süreçlerin dağıtık defter üzerinden otomatik olarak yerine getirilmesini sağlayan ve çok hızlı çalışabilen bilgisayar programlarıdır. Her satış işlemi için otomatik olarak akıllı sözleşmeler çalışacak ve gerçekleşen işlem kaydı dağıtık deftere kaydedilecektir. Enerji ticaretine katılımın kolaylaştırılması yerel üreticileri teşvik ederek yenilenebilir enerji üretimini artıracaktır. Bu sistem enerjinin farklı ülkelere de satışını kolaylaştırarak enerji ihracatına katkı sağlayacaktır. Ayrıca bir kullanıcı hem üretici hem tüketici konumunda olabilecektir (Andoni, M., Robu, Flynn, Abram, Geach, Jenkins, McCallum ve Peacock, 2019). Dağıtık defter teknolojisinin enerji sektöründeki diğer kullanımı petrol, gaz ve yakıt teadrik zincirinin kontrol edilmesine yöneliktir. Dağıtık defter teknolojisinin enerji sektöründeki bir başka kullanımı üretilen enerjinin sertifikalandırılmasıdır. Bu sayede kullanıcılar tüketecekleri enerjinin nasıl üretildiğini tercih edebilir duruma gelecektir. Dağıtık defter teknolojisi kullanılarak mevcut enerji altyapılarının siber saldırılara karşı dayanıklı hale getirilmesi için de kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Son olarak dağıtık defter teknolojisi enerji sektöründe kripto para

## 4. Sonuç

Dağıtık defter teknolojisi; verilerin katılımcılarda dağıtık olarak tutulduğu, deftere veri kaydetme işinin belirlenen doğrulama algoritması tarafından yapıldığı ve verilerin hiçbir katılımcı tarafından değiştirilemediği veri saklama teknolojisidir. Geleneksel yaklaşımlarda veriler merkezi bir katılımcının kontrolünde olan sunucularda tutulmaktadır. Bu yöntem başlangıçta kullanışlı olsa da teknolojideki gelişmeler ile işlevselliğini giderek yitirmektedir. Verilerin bir veya birkaç cihaz üzerinde tutulması ve yetkili kullanıcılar tarafından değiştirilebilmesi siber saldırılar için açık hedef haline gelmesine neden olmaktadır. Bunun yanında nesnelerin interneti teknolojisindeki gelişmelerle internete bağlanacak cihaz sayısının artmasıyla birlikte merkezi sunucuların bu işlem yoğunluğuna cevap vermesi mümkün değildir. Tüm bu problemleri ortadan kaldırmak için dağıtık defter teknolojisi ortaya çıkmıştır ve üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu makalede Blok Zinciri, Hashgraph, Tangle, Holochain ve Tempo

amaçlı kullanılabilir (Brilliantova ve Thurner, 2019). Enerji alışverişinde kullanıma yönelik kripto para geliştirilebilir.

Brooklyn Microgrid, LO3 Energy ve Siemens işbirliği ile geliştirilen dağıtık defter teknolojisini kullanan pilot eşler arası enerji ticaret platformudur. Geliştirilen sistemde güneş panelleri olan kullanıcılar fazla ürettikleri enerjiyi diğer kullanıcılara satabilmektedir. Brooklyn Mikrogrid şebekesi güneş panelleri kuranlara ve yerel üreticilere ekonomik olarak fayda sağlayarak iletimden kaynaklı enerji kayıplarının en aza indirilmesine katkıda bulunur (Brooklyn Microgrid, 2019).

### 3.8. Finans

Dağıtık defter teknolojisinin ilk yaygın kullanımı finans sektörüne yönelik geliştirilmiş Bitcoin kripto parasıdır. Başlangıçta bir ödeme sistemi olarak tasarlanırsa da kripto para yönü daha çok öne çıkmıştır. Bitcoin'in ardından dağıtık defter teknolojisi kullanılarak yüzlerce kripto para geliştirilmiştir. Bu durum gelecekte paranın geçireceği inovasyonun ilk sinyallerini vermektedir. Para, teknolojinin gelişmesiyle birlikte sürekli değişime uğramıştır. Dağıtık defter teknolojisi finans sektöründe kripto para dışında farklı alanlarda da kullanılabilir. Mevcut küresel finans servisleri eski ve onlarca yıl önceki teknolojiler üzerinde kuruludur. Genellikle yavaş ve güvenlik riski yüksek sistemlerdir. Finansal servislerin kaleleri (bankalar vb.) tekelleri savunmakta ve yıkıcı inovasyonları bozmaktadır. Ayrıca mevcut finansal sistemler eski teknolojileri kullanır ve 19. yy düzenlemelerine göre yönetilmektedir (Ali, Ally, Clutterbuck ve Dwivedi, 2020). Dağıtık defter teknolojisi çoğu finansal servisi eski kuruluşların sınırlamalarından kurtarabilir ve inovasyon konusunda teşvik eder. Dağıtık defter teknolojisi finansal sistemlerin güvenilirliğini artıracak, işlemleri hızlandıracak ve maliyetleri düşürecektir. Dağıtık defter teknolojisi taraflar arasında aracısız işlem olanağı sayesinde güven sağlamaktadır. Özellikle uluslararası ödemelerde hız artırılarak işlem maliyetleri düşürülecektir. Son olarak dağıtık defter teknolojisi borsaların yönetilmesi için kullanılabilir. Kullanıcılar istedikleri borsada aracı olmadan işlem yapabilir (Chen ve Bellavitis, 2020).

CHESS Avustralya Borsası tarafından işletilen ve menkul kıymetlerin alım satım işlemlerinin aracısız, güvenli ve hızlı bir şekilde yapılabilmesini sağlayan dağıtık defter tabanlı bir sistemdir. Günde 2 milyondan fazla işlem yapılmaktadır (Barbaschow, 2020).

Dağıtık defter teknolojileri incelenmiştir. Bu teknolojiler arasında blok zinciri Bitcoin kripto parasında kullanılması nedeniyle oldukça popüler olsa da hız ve ölçeklenebilirlik açısından kullanımı kısıtlıdır. Yüksek işlem yoğunluğuna sahip uygulamalarda Hashgraph, Tangle, Holochain ve Tempo dağıtık defter teknolojileri tercih edilmelidir. Ancak işlem yoğunluğunun düşük olduğu sistemlerde kendini kanıtlamış blok zinciri dağıtık defter teknolojisinin kullanılması faydalı olacaktır. Dağıtık defter teknolojileri uygulamaları kripto paralar nedeniyle finans sektörü ile özdeşleştirilse de bir teknoloji olması sebebiyle ihtiyaçlar doğrultusunda birçok farklı sektörde kullanılabilir. Bu makalede dağıtık defter teknolojisinin kullanılacağı Savunma, Siber Güvenlik, Sigorta, Tedarik Zinciri, Dijital Hak Yönetimi, Sağlık, Enerji ve Finans alanları incelenmiştir. İncelenen alanların tamamında dağıtık defter teknolojisinin dönüştürücü etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak dağıtık defter teknolojisi getirdiği güvenlik seviyesi sayesinde gelecekte birçok sektör ve teknolojiyi dönüştürme potansiyeline sahiptir. Dağıtık defter teknolojisi yeni bir felsefe de getirdiği



için teknik çalışmaların yanında gerekli regülasyon düzenlemelerinin yapılması ve toplumsal farkındalığın artırılması gelecekte teknolojinin gelişimini yakalayabilmek için faydalı olacaktır.

## Kaynakça

- Haber, S., & Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, 3(2), 99-11.
- Antal, C., Cioara T., Anghel I., Antal M., & Salomie, I. Distributed Ledger Technology Review and Decentralized Applications Development Guidelines (2021). *Future Internet*, 13(3):62. <https://doi.org/10.3390/fi13030062>
- Kannengießer, N., Lins, S., Dehling, T., & Sunyaev, A. (2020). Trade-offs between Distributed Ledger Technology Characteristics. *ACM Computing Surveys*, 53(2), 37. <https://doi.org/10.1145/3379463>
- Lamport, L., Shostak, R., & Pease, M. (1982). The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 4(3), 382-401. <https://doi.org/10.1145/357172.357176>
- Mazières, D., & Shasha D. (2002). Building secure file systems out of byzantine storage. *PODC '02: Proceedings of the twenty-first annual symposium on Principles of distributed computing*, 108-117. <https://doi.org/10.1145/571825.571840>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2021, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>)
- Buterik, V. (2013). Ethereum. (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2021, <https://ethereum.org/en/whitepaper>).
- Arslan, S. S., Jurdak, R., Jelitto, J., & Krishnamachari, B. (2020). Advancements in distributed ledger technology for Internet of Things. *Internet of Things*, 9, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100114>
- Pandl, K. D., Thiebes, S., Schmidt-Kraepelin, M., & Sunyaev A. (2020). On the Convergence of Artificial Intelligence and Distributed Ledger Technology: A Scoping Review and Future Research Agenda. *IEEE*, 8, 57075-57095. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2981447
- Cagigas, D., Clifton, J., Diaz-Fuentes, D., & Fernández-Gutiérrez, M. (2021). Blockchain for Public Services: A Systematic Literature Review. *IEEE*, 9, 13904-13921. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3052019
- Chen, Y-C, Chou, Y-P, & Chou, Y-C. (2019). An Image Authentication Scheme Using Merkle Tree Mechanisms. *Future Internet*, 11(7), 149. <https://doi.org/10.3390/fi11070149>
- Qadir, A. M., & Varol, N. (2019). A Review Paper on Cryptography. 2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS), 1-6. doi: 10.1109/ISDFS.2019.8757514.
- Singh, S., Iqbal, S., & Jaiswal, A. (2015). Survey on Techniques Developed using Digital Signature: Public key Cryptography. *International Journal of Computer Applications*, 117(16). doi: 10.5120/20635-3272
- Wamba, S. F., Kamdjoug, J. R. K., Bawack, R. E., & Keogh, J. G. (2020). Bitcoin, Blockchain and Fintech: a systematic review and case studies in the supply chain. *Production Planning & e-ISSN: 2148-2683*
- Control, 31:2-3, 115-142. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631460>
- Bach, L. M., Mihaljevic, B., & Zagar, M. (2018). Comparative analysis of blockchain consensus algorithms. 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 1545-1550. doi: 10.23919/MIPRO.2018.8400278
- Dolenc, D., Turk, J., & Pustišek, M. (2020). Distributed Ledger Technologies for IoT and Business DApps. 2020 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom), 1-8. doi: 10.1109/CoBCom49975.2020.9174188
- Hedera. (2021). (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2021, <https://hedera.com/learning/what-is-asynchronous-byzantine-fault-tolerance-abft>)
- Şafak, E., Arslan, Ç., & Gözütok, M. (2020). Blok Zinciri ile Yeni Nesil Dağıtık Defter Teknolojilerinin Karşılaştırılması. 2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 1-6. doi: 10.1109/ISMSIT50672.2020.9254311
- Saad, A. & Park, S. Y. (2019). Decentralized Directed acyclic graph based DLT Network. *COINS '19: Proceedings of the International Conference on Omni-Layer Intelligent Systems*, 158-163. <https://doi.org/10.1145/3312614.3312647>
- Živi, N., Kadišić, E., & Kadišić, K. (2019). Directed Acyclic Graph as Tangle: an IoT Alternative to Blockchains. 2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR), 1-3, doi: 10.1109/TELFOR48224.2019.8971190
- Bhandary, M., Parmar, M., & Ambawade, D. (2020). A Blockchain Solution based on Directed Acyclic Graph for IoT Data Security using IoTA Tangle. 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), 827-832, doi: 10.1109/ICCES48766.2020.9137858
- Silvano, W.F., & Marcelino, R. (2020). Iota Tangle: A cryptocurrency to communicate Internet-of-Things data. *Future Generation Computer Systems*, 112, 307-319. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.05.047>
- Schueffel, Patrick, Alternative Distributed Ledger Technologies Blockchain vs. Tangle vs. Hashgraph - A High-Level Overview and Comparison (December 15, 2017). <https://ssrn.com/abstract=3144241> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3144241>
- Harris-Braun, E., Luck, N., & Brock, A. (2018). Holochain scalable agent-centric distributed computing DRAFT (ALPHA 1). <https://github.com/holochain/holochain-proto/blob/whitepaper/holochain.pdf>
- Zia, M. F., Benbouzid, M., Elbouchikhi, E., Muyeen, S. M., Techato, K., & Guerrero, J. M., (2020). Microgrid Transactive Energy: Review, Architectures, Distributed Ledger Technologies, and Market Analysis. *IEEE Access*, 8, 19410-19432. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2968402
- Brock, A., Atkinson, D., Friedman, E., Harris-Braun, E., McGuire, E., Russell, J. M., Perrin, N., Luck, N., & Harris-Brau, W. (2017). Holo Green Paper. <https://files.holo.host/2018/03/Holo-Green-Paper.pdf>



- Masood, F., & Faridi, A.R. (2018). An Overview of Distributed Ledger Technology and its Applications. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(10), 422-427. doi: 10.26438/ijcse/v6i10.422427
- Radix. (2020). Tempo - Consensus Lessons Learned. (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2021, <https://www.radixdlt.com/post/tempo-consensus-lessons-learned>)
- Sudhan, A., & Nene, M. J. (2017). Employability of blockchain technology in defence applications. 2017 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS), 630-637. doi: 10.1109/ISS1.2017.8389247
- Rahayu, S.B., RMN, N.J., Kamarudin, N.D., & Azahari, A.M. (2019). MILITARY BLOCKCHAIN FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Education and Social Sciences*, 13(1). [https://www.jesoc.com/wp-content/uploads/2019/08/KC13\\_015.pdf](https://www.jesoc.com/wp-content/uploads/2019/08/KC13_015.pdf)
- Worth, F. (2018). Lockheed Martin Partners With Guardtime Federal For Innovative Cyber Technology. (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2021, <https://news.lockheedmartin.com/2018-07-09-Lockheed-Martin-Partners-with-Guardtime-Federal-for-Innovative-Cyber-Technology>)
- Mathew. A.R. (2019). Cyber Security through Blockchain Technology. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 9(1). doi: 10.35940/ijeat.A9836.109119
- Taylor, P.J., Dargahi, T., Dehghantaha, A., Parizi, R.M., & Choo, K.K.R. (2020). A systematic literature review of blockchain cyber security. *Digital Communications and Networks*, 6(2), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2019.01.005>
- Gatteschi, V., Lamberti, F., Demartini, C., Pranteda, & C., Santamaría, V. (2018). Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough?. *Future Internet*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/fi10020020>
- Chen, W., Xu, Z., Shi, S., Zhao, Y., & Zhao, J. (2018). A Survey of Blockchain Applications in Different Domains. *ICBTA 2018: Proceedings of the 2018 International Conference on Blockchain Technology and Application*, 17-21. <https://doi.org/10.1145/3301403.3301407>
- Fizzy. (2017). AXA goes blockchain with fizzy. (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2021, <https://www.axa.com/en/magazine/axa-goes-blockchain-with-fizzy>)
- Moosavi, J., Naeni, L.M., Fathollahi-Fard, A.M., & Fiore, U. (2021). Blockchain in supply chain management: a review, bibliometric, and network analysis. *Environ Sci Pollut Res* (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13094-3>
- Azzi, R., Chamoun, R.K., & Sokhn, M. (2019). The power of a blockchain-based supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 582-592. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.042>
- Kamath, R. (2018). Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM. *The Journal of British Blockchain Association*, 1(1), 1-12. doi: 10.31585/jbba-1-1-(10)2018
- Cornelius, K. (2021). Betraying Blockchain: Accountability, Transparency and Document Standards for Non-Fungible Tokens (NFTs). *Information* 2021, 12(9), 358. <https://doi.org/10.3390/info12090358>
- Thenmozhi, M., Dhanalakshmi, R., Geetha, S., & Valli, R. (2021). Implementing blockchain technologies for health insurance claim processing in hospitals. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.776>
- Agbo, C.C., Mahmoud, Q.H., & Eklund, J.M. Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. *Healthcare* 2019, 7(2), 56. <https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>
- Gursoy, G., Brannon, C., Wagner, S., & Gerstein M. (2020). Storing and analyzing a genome on a blockchain. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.03.03.975334>
- Medicalchain. (2018). Medicalchain Whitepaper 2.1. (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2021, <https://medicalchain.com/Medicalchain-Whitepaper-EN.pdf>)
- Jogunola, O., Hammoudeh, M., Anoh, K., & Adebisi, B. Distributed Ledger Technologies for Peer-to-Peer Energy Trading. (2020). 2020 IEEE Electric Power and Energy Conference (EPEC), 1-6. doi: 10.1109/EPEC48502.2020.9320061
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 100, 143-174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
- Brilliantova, V., & Thurner, T.W. (2019). Blockchain and the future of energy. *Technology in Society*, 57, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.11.001>
- Brooklyn Microgrid. (2019). The Brooklyn microgrid: blockchain-enabled community power (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2021, <https://www.power-technology.com/features/featurethe-brooklyn-microgrid-blockchain-enabled-community-power-5783564>)
- Ali, O., Ally, M., Clutterbuck, & Dwivedi, Y.K. (2020). The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review. *International Journal of Information Management*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102199>
- Chen, Y., & Bellavitis, C. (2020). Blockchain disruption and decentralized finance: The rise of decentralized business models. *Journal of Business Venturing Insights*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2019.e00151>
- Barbaschow A. (2020). ASX's blockchain-based CHES replacement pushed to April 2023. (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2021, <https://www.zdnet.com/article/asxs-blockchain-based-chess-replacement-pushed-to-april-2023>)



# Enhanced Sparse Representations of Spike Waveforms Obtained by using the Basis Pursuit Approach

Görkem Serbes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4591-7368), gserbes@yildiz.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009464)

**ATIF/REFERENCE:** Serbes, G. (2020). Enhanced Sparse Representations of Spike Waveforms Obtained by using the Basis Pursuit Approach. *European Journal of Science and Technology*, (29), 46-51.

## Abstract

In the extracellular neural recordings, the spike waveforms formed by the neurons nearby the recording electrode must be sorted according to their morphology. This process is called as spike sorting and it is an important prerequisite in neural decoding algorithms. Low Q-factor wavelet transforms are frequently being used as feature extractors to detect the discriminative patterns between adjacent neurons' activity. However, the wavelet coefficients are highly sensitive to noise that may occur due to the employed instrumentation system and the local field potentials defined as the total activity of nearby neurons. However, enhanced sparse representations of the spike wave forms, having reduced noise activity, can be attained by using the basis pursuit method that is applied to the tunable Q-factor wavelet transform coefficients. In the tunable Q-factor wavelet transform, the Q-factor of the wavelet filters can be tuned according to the signal of interest with a controllable redundancy. In the proposed study, enhanced sparse representations of the spike waveforms were obtained by using the basis pursuit approach. Later, the energy values of the decomposed subbands were employed as features that can discriminate morphological differences in spike shapes. Finally, the obtained features were fed to k-nearest neighbors and decision trees learning models in an unbiased cross-validation scheme to objectively measure the effect of the enhanced sparsity decomposition. The qualitative and quantitative results show that the enhanced sparsity-based energy features are superior to the traditional low Q-factor based wavelet decomposition in terms of the accuracy metric.

**Keywords:** Spike sorting, the tunable Q-factor wavelet transform, sparsity, classification.

## İğnecik Dalga Biçimlerinin İyileştirilmiş Seyrek Temsillerinin Temel Takip Yaklaşımı Kullanılarak Elde Edilmesi

### Özet

Hücre dışı sinirsel kayıtlarda, kullanılan elektrodun yakınındaki sinir hücrelerinin oluşturduğu iğnecik dalga biçimlerinin morfolojilerine göre sıralanması gerekmektedir. Bu işleme iğnecik sıralaması adı verilir ve sinirsel kod çözme algoritmalarında kullanılan önemli bir ön koşuldur. Düşük Q-faktörlü dalgacık dönüşümleri, birbirine yakın sinir hücrelerinin aktiviteleri arasındaki ayırt edici örüntüleri tespit etmek için öznitelik çıkarıcılar olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat, farklı alt bantlardaki dalgacık katsayıları, kullanılan enstrümantasyon sistemi nedeniyle oluşan gürültü bileşenlerine ve yakındaki sinir hücrelerinin toplam aktivitesi olarak tanımlanan yerel alan potansiyellerine oldukça duyarlıdır. Bununla birlikte, azaltılmış gürültü aktivitesine sahip iğnecik dalga biçimlerinin geliştirilmiş seyrek temsilleri, ayarlanabilir Q faktörü dalgacık dönüşümü tabanlı katsayılarla uygulanan temel takip yöntemi kullanılarak elde edilebilir. Ayarlanabilir Q faktörü dalgacık dönüşümünde, dalgacık filtrelerinin Q faktörü, kontrol edilebilir bir fazlalık ile ilgili sinyale göre ayarlanabilir. Önerilen çalışmada, dalgacık katsayılarına uygulanan temel takip yaklaşımı kullanılarak iğneciklerin iyileştirilmiş bir seyrek gösterimi elde edilmiştir. Daha sonra, ayrılmış alt bantların enerji değerleri, iğnecik şekillerindeki morfolojik farklılıkları ayırt edebilen özellikler olarak kullanılmıştır. Son olarak, elde edilen öznitelikler, geliştirilmiş seyreklik ayrıştırmasının etkisini nesnel olarak ölçmek için tarafsız bir çapraz doğrulama şemasında k-en yakın komşular ve karar ağaçları öğrenme modellerine beslenmiştir. Niteliksel ve niceliksel sonuçlar, iyileştirilmiş seyreklik tabanlı enerji özelliklerinin, doğruluk metriği açısından geleneksel düşük Q faktörüne dayalı dalgacık ayrıştırmasından daha üstün olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İğnecik sıralama, ayarlanabilir Q-faktörü dalgacık dönüşümü, seyreklik, sınıflandırma.

\* Corresponding Author: Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4591-7368, [gserbes@yildiz.edu.tr](mailto:gserbes@yildiz.edu.tr)

## **1. Introduction**

Extracellular neural activity recordings are frequently employed in clinical and scientific studies such as in decoding algorithms used for extracting information from the activity of neuronal populations. Mostly, these recordings are interpreted as point processes, and a spike detection algorithm is needed to predict the locations at which action potentials occurred. Spike detection is a very important prerequisite to be able to correctly analyze spike trains because the success of localizing the occurrence of individual spikes would critically affect the performance of all following analysis steps.

In extracellular neural recordings, the obtained signals normally consist of spikes created from multiple adjacent neurons (from unknown number of neurons). To obtain the response of each neuron, the detected possible spike events must be sorted according to their time-behavior to assign each activity to a separate neuron. This operation is named as spike sorting and it is a gold standard in neuroscience. With the progresses in technology, the usage of multi-electrode arrays becomes more popular in neuroscience [1]. When the number of recording electrodes increases in a system, the need for an automatic sorting approach also raises as human controlled sorting becomes a hard and time-consuming task. The shapes of spikes may change due to various affects such as the morphology of its dendritic tree and the distance/orientation of related spike relative to the recording location [2]. The difficulty of spike sorting can be affected from multiple factors. It was shown that the time-amplitude behavior of spikes for a specific neuron can vary; for example, the amplitude of a spike waveform can decrease by up to 80% in the course of a complex spike burst [3]. The overlapping spikes phenomenon, which takes place when two or more nearby neurons fire action potentials simultaneously, creates another complication in spike sorting process. Moreover, the recording electrodes may move faintly in the brain tissue because of the external physical constraints during the recording and this may cause variations in the spike waveform [4].

In spike sorting the most important step is extracting features that have the capability of differentiate the spike waveforms produced by various neurons. Later these features are given to a clustering method to group the spikes having similar features. In literature various feature extracting and spike sorting methods were proposed. For instance, a spike sorting approach that uses the peak to peak amplitude and width of the spikes as features was proposed in [5]. The principal component analysis was used for feature extraction in [6]. A spike labelling approach that uses template matching was employed in [7]. The k-means clustering and wavelet transform (WT) methods were employed together in [8]. An approach using WT based features grouped by superparamagnetic clustering was used in [9]. The k-means clustering and independent component analysis (ICA) methods were utilized together in [10]. Additionally, in [11-12] discrete wavelet transform (DWT) coefficients were used as discriminative features in spike sorting algorithms, but the WTs employed in these manuscripts were using constant Q-factor filters.

In literature, the DWT was frequently used as a robust feature extractor in spike sorting algorithms. By employing the time localization ability of wavelet-based features, small changes in the morphology of spikes that are very localized in

time can be discerned. In addition, the time-amplitude behavior information of the spikes can be represented by using many wavelet coefficients in contrast to the principal component analysis (PCA), in which most amount of the details about the spike waveforms is preserved only by the first 3 principal components. The more homogeneous distribution of information obtained by WT provides a better representation for cluster identification. In line with these considerations, a superior performance of wavelet usage, in comparison with PCA, was given for several simulated spike trains constructed under various noise levels in [9]. However, in previous attempts, the used DWTs had a common property; they all used constant Q-factor filters. In a WT, the Q-factor of wavelet indicates the time behavior of the mother wavelet. Morphologically spikes have transient characteristics and to obtain features with more discriminative power, they must be decomposed with a DWT which has the capability of changing its Q-factor continuously. By doing this, for analyzed spike, an optimum Q factor can be found which tunes the transient behavior of that spike best and a sparse representation of these spikes can be achieved. Later these sparse coefficients can be used in different clustering methods for evaluating their discriminative capability.

Various WTs, having the ability to tune their employed wavelets, have been utilized in processing transient and oscillatory behavior biomedical signals. The tunable Q-factor wavelet transform (TQWT) [13] is a totally discrete WT for which the Q-factor of the underlying wavelet and the asymptotic redundancy (over-sampling rate) of the transform can be easily and independently specified. Therefore, by tuning the Q-factor, the oscillatory/transient behavior of the wavelets can be selected to match the oscillatory/transient behavior of the signal of interest, so as to magnify the sparsity of a sparse signal representation. The TQWT was successfully employed in resonance-based decomposition of lung sounds that aims to separate wheeze, crackle and vesicular sounds into three individual channels [14]. In [14], the Q-factor and over-sampling rate parameters of the TQWT were determined in a way that the wavelet filters match the morphology of the crackles and wheezes. After the determination of the optimal Q-factor (low Q-factor), the crackles, which have similar time-domain characteristics with spikes, were successfully separated from the wheezes and background noise. Additionally, the TQWT was employed to extract embolic signal information from background activity and artifacts [15]. In [15], the resonance-based decomposition, in which the TQWT was employed to catch the morphology of signal interest, was applied to Doppler ultrasound signals and quasi-periodic embolic signals were obtained (decomposed into the high Q-factor channel). In the proposed study, we intend to employ TQWT as a feature extractor for spike sorting problem due to its tunable Q-factor property. The sparsity ability of the TQWT will be used to obtain the wavelet coefficients having high discriminative capability, especially in high noise environments. The following sections of the study are organized as follows; Section 2 gives information about materials and methods. Section 3 gives the experimental results and finally, Section 4 presents the conclusion and discussion.



## 2. Material and Method

### 2.1. Dataset Information

In spike detection and spike sorting studies, a critical issue is the existence of a dataset in which the exact locations of the spikes and the spike labels are defined. In [9], such a synthetic dataset that consists of simulated brain activity signals was proposed. In this dataset, the simulated brain signals were composed by employing a database that consists of 594 various spike waveforms derived from the recordings of neocortex and basal ganglia. To mimic brain activity in a realistic manner, a background noise was generated by randomly selecting spikes from 594 waveforms and the selected ones were superimposed at random amplitudes and times. In each recording three different spike waveforms, having a normalized peak amplitude, were placed into the background activity resulting in a spike train. The normalized peak amplitude of each spike was set to 1 and the background noise activity level was discovered from its standard deviation relative to the spike peaks. The employed noise standard deviation values were set as 0.05, 0.1, 0.15, and 0.2 for all the recordings. Additionally, more noise levels set to 0.25, 0.30, 0.35, and 0.4 were defined for just one case in which relatively easy to differentiate spike waveforms were employed. In our proposed approach, this recording having 8 noise levels was chosen as the ground truth dataset to be able to measure the performance of TQWT based sparse representations of spikes. The sampling rate of the recording is 24 kHz and the three distinct spike waveforms were located by using a Poisson distribution of interspike intervals having a mean firing rate of 20 Hz. The refractory period between the spike shapes belonging to the same class was chosen as 2mS.

### 2.2. The Usage of Tunable Q-factor Wavelet Transform in Feature Extraction

#### 2.2.1. The Tunable Q-factor Wavelet Transform

The constant-Q synthesis and analysis, in which a group of band-pass filters having same Q-factors are employed, has been successfully used in the analysis of non-stationary biomedical signals [16-18]. For a band-pass filter, the ratio of that filter's center frequency to its bandwidth is referred as its Q-factor. When the temporal response of constant-Q filters is investigated, it is seen that a more sustained oscillatory behavior exists when high Q-factor filters are used. In contrast, a more transient time behavior is seen in the temporal response of low Q-factor filters. Classical dyadic DWT is a constant Q-factor transform having low Q-factor characteristics and it provides an efficient representation of piecewise smooth signals such as the spikes [9]. However, the energy distribution between the scales is highly sensitive to the amount of noise that is superimposed onto the signal of interest. Therefore, transforms that can be employed to obtain the sparse representations of the biomedical patterns, in which the noise effects are minimized, are highly needed. In the extracellular neural recordings, the spike waveform morphology is corrupted by the instrumental noise and the local field potentials (the total activity of nearby neurons). Hence, in the proposed study we have intended to use WT's that can enhance the sparsity of spike representations to be able to extract the differentiation in the spike shapes created by different neurons more efficiently and to be able to reduce the disruptive effect of noise.

The TQWT is an overcomplete wavelet transform, in which the Q-factor of the analysis/synthesis filters can be easily and continuously adjustable. By adjusting the Q-factor of employed filters, the time-domain behavior of the signal of interest can be represented more efficiently and sparse spike representations can be obtained. It is expected that the enhanced sparsity should in turn improve the performance of sparsity-based feature extraction for spike sorting in the extracellular neural recordings under high noise. In the TQWT, mainly two parameters are used to control transform properties: i) the Q-factor ( $Q$ ) that controls the oscillatory behavior of the time-domain response of wavelet filters, and ii) the over-sampling rate ( $r$ ) that controls the redundancy level of applied transform. The  $r$  value is measuring the overlap ratio between the consequent band-pass filters' content in the frequency axis. When the  $Q$  value is kept constant and the  $r$  value is increased, the overlapping parts of the band-pass filter frequency responses, having same Q-factors, will increase too. More details about the theoretical explanation about the TQWT can be found in [13].

#### 2.2.2. Proposed Tunable Q-factor Wavelet Transform based Sparse Representations of Spikes

The TQWT is an over-complete transform therefore, its time-scale representation is not unique - other sets of wavelet coefficients (different decompositions), having perfect reconstruction property, can be acquired that also represent a given signal exactly. An enhanced sparsity in the sparse representations of signal of interests can be achieved by using the basis pursuit (BP) method. BP is a principle for decomposing a signal into an "optimal" superposition of dictionary elements, where optimal refers to having the smallest  $\ell_1$  norm of coefficients among all such decompositions [19]. In our proposed approach, we have applied the BP method to obtain the enhanced sparse representations of TQWT coefficients that were extracted from spike waveforms. Due to the piecewise smooth time-domain and band-limited frequency-domain characteristics of spike signals, the Q-factor and redundancy parameters were set to 1 and 3 respectively. After 5 level decomposition, energy values of each 5 detail and the last approximation subbands were calculated as features resulting in a 6-element row vector. After obtaining the feature vectors, even the spike sorting is a clustering problem due to its nature, a three-class discrimination problem was carried-out by using k-nearest neighbors (k-NN) and decision tree (DT) learning models. The reason behind handling the spike sorting as a classification problem is to be able to objectively assess the degree of contribution obtained when the enhanced sparse representations of spike coefficients were employed.

Before feeding the spike waveforms into feature extraction and classification modules, each spike shape was extracted from the long recording signal at the first place. Later, 64 time-points segments samples were created in which the maximums of each spike were aligned to the same time instant as advertised in [9]. Only the non-overlapping spikes were utilized in the analysis for an objective comparison of feature extraction methods. The created dataset, in which each sample consists of one spike waveform having 64 time-points long, was partitioned into two sub-sets, named as train and test sets, for a fair validation of performance comparison. The samples in the train and test sets were randomly selected by following the holdout approach resulting in 80% and 20% sample distributions respectively. To avoid from the possible overfitting situation in learned models,



the 80% train data was reorganized by using K-Fold cross validation with  $K = 5$ . The flow-chart of the proposed approach

was given in Figure 1 for further understanding.

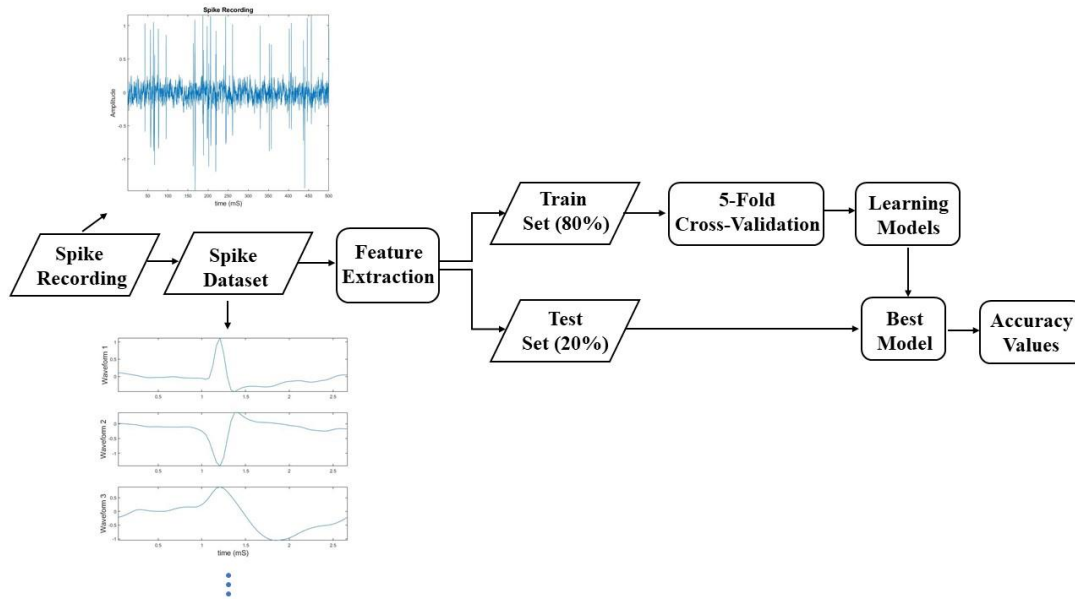


Figure 1. The flowchart of the proposed approach.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Qualitative Results

The main contribution of our study is using wavelet filters that have tunable time and frequency domain characteristics in accordance with the spike waveform morphology. To do so, proper  $Q$  and  $r$  parameters were chosen as 1 and 3 respectively. Additionally, the BP algorithm was employed to obtain an enhanced sparse representation of spike waveforms in the wavelet coefficient domain. It is seen that the spike information that was attained in the wavelet coefficients can be represented in a very sparse way in decomposed subbands. As it is shown in the right-side of Figure 2, most of the noise components were minimized while the components belong to spike activity are preserved in subbands 2, 3 and 4. This sample was taken from the extracellular recording whose noise level is 0.1. The energy percentages of each subband with respect to total signal energy are given in the right side of each subplot. When the left-side plot is investigated, it is seen that the energy of spike waveform can not be localized, and a homogenous energy distribution is seen over all subbands. Whereas most of the spike energy can be successfully localized in the second band as it is shown in the right-side plot. This sparse representation ability of the TQWT over spike waveforms has directed us to use energy values obtained from the decomposed subbands as features in spike shape discrimination problem.

#### 3.1. Quantitative Results

The mean and standard-deviation of accuracy values obtained by using 5-fold outputs are given in Tables 1 and 2 under the “Validation Set” section for the cases in which the enhanced sparsity is not-used and used respectively. For the realistic noise levels higher than 0.10, the accuracy values obtained by using enhanced sparsity were always higher than the non-sparsity used cases for both k-NN and DT. Additionally, the standard-deviation values obtained with the enhanced sparsity are relatively lower than the non-sparsity case for both

classifiers. This shows us that the features obtained by using the enhanced sparsity are more robust compared with the features extracted from non-sparsity decomposition. In the test set results, it is seen that accuracy values up to 98% were obtained by using the enhanced sparsity-based features even for very high noise values for both k-NN and DT classifiers. For the highest two noise levels (0.35 and 0.40), the accuracy increments obtained by using enhanced sparsity were approximately 25% and 10% when the k-NN and DT classifiers were employed respectively. The detailed representation of obtained accuracy values for both the validation and test sets by using k-NN and DT classifiers are listed in Tables 1 and 2.

### 4. Conclusions and Discussion

In the proposed study the TQWT was used as a feature extractor for the extracellular spike recordings. Traditionally, low Q-factor DWTs are employed for extracting discriminative information between various neuron activity in the spike sorting problem. However, the pursued discriminative information was mostly lost when high noise components have been superimposed on spike activity. An enhanced sparsity property can be reached by using the BP approach that is applied on TQWT based time-scale coefficients and the amplitude of the noise components can be minimized. In our proposed study, a data-set consists of various spike shapes under different noise levels was processed in a scenario that the enhanced sparsity was obtained and not-obtained by using the BP approach. The extracted sparse features were fed to k-NN and DT classifiers to be able to measure the performance of enhanced sparsity in spike morphology analysis. The qualitative and quantitative results show that a significant improvement in spike shape identification was achieved when the wavelet energy features obtained by enhanced sparse representations were employed. During the analysis, only non-overlapping spikes were utilized for an objective comparison, however, we are planning to apply same enhanced sparsity-based feature extraction approach to overlapping spikes in a future study.

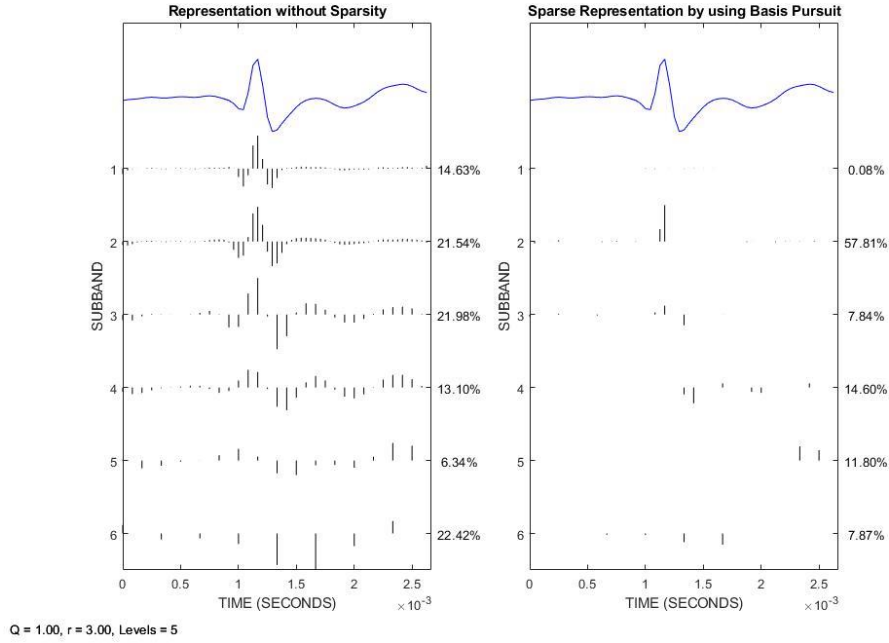


Figure 2. Representation of a spike signal in time-scale domain when the BP approach is applied (right-side) not applied (left-side).

Table 1. The accuracy values obtained when the enhanced sparsity is not used. “Average” and “std” stands for the mean and standard-deviation accuracy values of all folds that are used in 5-fold cross-validation strategy.

Without Sparsity						
Noise Level	Validation Set				Test Set	
	k-NN		DT		k-NN	DT
	average	std	average	std		
0.05	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
0.10	99.73	0.25	100.00	0.00	99.82	100.00
0.15	98.42	0.86	99.77	0.23	98.51	100.00
0.20	95.29	1.01	99.07	0.68	94.95	97.76
0.25	88.40	1.92	96.33	1.04	89.17	97.10
0.30	81.99	2.16	94.63	1.00	84.95	94.10
0.35	76.41	2.00	90.66	2.51	72.41	89.07
0.40	70.93	2.32	86.58	0.74	70.51	88.09

Table 2. The accuracy values obtained when the enhanced sparsity is used. “Average” and “std” stands for the mean and standard-deviation accuracy values of all folds that are used in 5-fold cross-validation strategy.

With Sparsity						
Noise Level	Validation Set				Test Set	
	k-NN		DT		k-NN	DT
	average	std	average	std		
0.05	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
0.10	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
0.15	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
0.20	99.81	0.10	99.95	0.10	100.00	99.63
0.25	99.42	0.56	99.52	0.38	98.84	99.61
0.30	98.38	0.80	98.91	0.55	99.24	99.24
0.35	97.09	0.35	99.03	0.38	97.96	99.44
0.40	95.32	0.95	97.50	0.68	96.03	98.49

## References

- [1] Rizk, M., Bossetti, C. A., Jochum, T. A., Callender, S. H., Nicoletis, M. A., Turner, D. A., & Wolf, P. D. (2009). A fully implantable 96-channel neural data acquisition system. *Journal of neural engineering*, 6(2), 026002.
- [2] Lewicki, M. S. (1998). A review of methods for spike sorting: the detection and classification of neural action potentials. *Network: Computation in Neural Systems*, 9(4), R53.
- [3] Buzsáki, G. (2004). Large-scale recording of neuronal ensembles. *Nature neuroscience*, 7(5), 446-451.
- [4] Chah, E., Hok, V., Della-Chiesa, A., Miller, J. J. H., O'Mara, S. M., & Reilly, R. B. (2011). Automated spike sorting algorithm based on Laplacian eigenmaps and k-means clustering. *Journal of neural engineering*, 8(1), 016006.
- [5] Abeles, M., & Goldstein, M. H. (1977). Multispikes train analysis. *Proceedings of the IEEE*, 65(5), 762-773.
- [6] Harris, K. D., Henze, D. A., Csicsvari, J., Hirase, H., & Buzsáki, G. (2000). Accuracy of tetrode spike separation as determined by simultaneous intracellular and extracellular measurements. *Journal of neurophysiology*, 84(1), 401-414.
- [7] Thakur, P. H., Lu, H., Hsiao, S. S., & Johnson, K. O. (2007). Automated optimal detection and classification of neural action potentials in extra-cellular recordings. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 364-376.
- [8] Hulata, E., Segev, R., & Ben-Jacob, E. (2002). A method for spike sorting and detection based on wavelet packets and Shannon's mutual information. *Journal of neuroscience methods*, 117(1), 1-12.
- [9] Quiroga, R. Q., Nadasdy, Z., & Ben-Shaul, Y. (2004). Unsupervised spike detection and sorting with wavelets and superparamagnetic clustering. *Neural computation*, 16(8), 1661-1687.
- [10] Takahashi, S., Anzai, Y., & Sakurai, Y. (2003). A new approach to spike sorting for multi-neuronal activities recorded with a tetrode—how ICA can be practical. *Neuroscience research*, 46(3), 265-272.
- [11] Geng, X., Hu, G., & Tian, X. (2010). Neural spike sorting using mathematical morphology, multiwavelets transform and hierarchical clustering. *Neurocomputing*, 73(4-6), 707-715.
- [12] Geng, X., & Hu, G. (2012). Unsupervised feature selection by kernel density estimation in wavelet-based spike sorting. *Biomedical Signal Processing and Control*, 7(2), 112-117.
- [13] Selesnick, I. W. (2011). Wavelet transform with tunable Q-factor. *IEEE transactions on signal processing*, 59(8), 3560-3575.
- [14] Ulukaya, S., Serbes, G., & Kahya, Y. P. (2016, August). Resonance based respiratory sound decomposition aiming at localization of crackles in noisy measurements. In *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 3688-3691). IEEE.
- [15] Serbes, G., & Aydin, N. (2017, May). Resonance based pre-processing method for eliminating artifacts in Doppler ultrasound signals. In *2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- [16] Serbes, G., Aydin, N., & Gulcur, H. O. (2013, July). Directional dual-tree complex wavelet packet transform. In *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 3046-3049). IEEE.
- [17] Serbes, G., & Aydin, N. (2012, January). Embolic Doppler ultrasound signal detection using modified dual tree complex wavelet transform. In *Proceedings of 2012 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics* (pp. 945-947). IEEE.
- [18] Serbes, G., Sakar, C. O., Kahya, Y. P., & Aydin, N. (2011, September). Effect of different window and wavelet types on the performance of a novel crackle detection algorithm. In *International Conference on Hybrid Information Technology* (pp. 575-581). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [19] Chen, S. S., Donoho, D. L., & Saunders, M. A. (2001). Atomic decomposition by basis pursuit. *SIAM review*, 43(1), 129-159.



# Early Stage Diabetes Prediction Using Machine Learning Methods

Özge Nur Ergün<sup>1\*</sup>, Hamza Osman İlhan<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Yildiz Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Computer Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID:0000-0002-9997-0853), [ozgeergun@outlook.com.tr](mailto:ozgeergun@outlook.com.tr)

<sup>2</sup> Yildiz Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Computer Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1753-2703), [hoilhan@yildiz.edu.tr](mailto:hoilhan@yildiz.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1015816)

**ATIF/REFERENCE:** Ergün, Ö.N. & İlhan, H.O. (2021). Early Stage Diabetes Prediction Using Machine Learning Methods. *European Journal of Science and Technology*, (29), 52-57.

## Abstract

Diabetes is a common disease that is incurable and fatal. Millions of people worldwide have diabetes and it directly affects people's lives. Early diagnosis helps reduce the effects of diabetes and improve the life quality of patients, but in common case people live with diabetes for years before getting diagnosed. Early diagnosis can be done by applying machine learning methods on existing data of patients. In this way, people can quickly get diagnosed without taking a glucose screening test or any blood test. Answering a simple question set would be enough to determine if a person is diabetic or has a risk of being diabetic. In the proposed study, determination of diabetes is performed by machine learning techniques. In this scope, a publicly available diabetes dataset, which includes 16 features that are collected from 520 people, was used to create predictive models. Eight machine learning methods were individually performed over the dataset. The results of each model were validated by using a 10 fold cross validation schema. Addition to accuracy metric, confusion matrix based other performance metrics; precision, recall and f1 score, were also reported. All of the created models resulted in high accuracy scores. The minimum accuracy score was measured as 88.85% by using one of the basic machine learning techniques, Naive Bayes. The highest accuracy rate was 99.04%, which is obtained by using a one dimensional convolutional neural network model. The designed Convolutional Neural Network model also resulted in highest performance scores for other metrics as 100.00%, 98.63% and 99.31% for precision, recall and f1 scores, respectively. These findings indicate that the created 1D CNN model can be utilized in the determination of diabetic patients by asking only several questions to patients.

**Keywords:** Diabetes, Machine Learning, K Nearest Neighbor, Support Vector Machine, Naive Bayes, Decision Tree, Random Forest, XGBoost, Artificial Neural Network, Convolutional Neural Network.

## Makine Öğrenimi Yöntemleriyle Erken Evre Diyabet Tahmini

### Öz

Diyabet, tedavisi olmayan, yaygın ve ölümcül bir hastalıktır. Milyonlarca insan diyabet hastasıdır ve bu hastalık hayatlarını doğrudan etkilemektedir. Erken tedavi sayesinde diyabetin etkilerini azaltmak ve hastaların hayat standartlarını arttırmak mümkün olsa da çoğunlukla teşhis konulması yıllar sürebilen bir süreçtir. Diyabetin erken teşhisi için mevcut hastaların verileri kullanılarak makine öğrenmesi uygulanabilir. Bu sayede kan testi, glukoz ölçümü veya bu gibi herhangi bir tıbbi işleme gerek kalmadan diyabet teşhisi konulabilecek, diyabete yakalanma riski olan kişiler saptanabilecektir. Bu yaklaşımla diyabet teşhisinde kullanılacak bir makine öğrenmesi modeli geliştirmek çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Sunulan çalışmada 520 hastanın 16 farklı kategoride verisi işlenerek oluşturulan diyabet veri seti üzerinde sekiz makine öğrenmesi yaklaşımı uygulanmış, performans kıyaslaması 10 katlamalı çapraz doğrulama ile doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve f skoru metrikleri ile ölçümlenmiştir. Ek olarak veri setinde yer alan özelliklerin diyabet teşhisindeki anlam önceliği araştırılmıştır. Geliştirilen modellerin hepsi belli düzeyde başarı oranını yakalamıştır. En düşük doğruluk oranı %88.82 sınıflandırma başarımları ile basit bir makine öğrenmesi tekniği olan Naive Bayes tekniği kullanılarak elde edilmiştir. En iyi sonuç 1 boyutlu evrişimsel sinir ağı ile elde edilmiştir. Evrişimsel sinir ağı kullanılarak elde edilen modelin doğruluğu %99.04, kesinliği %100, hassasiyet oranı %98.63 ve f skoru %99.31 olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen sınıflandırmanın diyabet teşhisinde bir soru seti olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Diyabet, Makine Öğrenmesi, K-en Yakın Komşu, Destek Vektör Makinesi, Naive Bayes, Karar Ağacı, Rastgele Orman, XGBoost, Yapay Sinir Ağları, Evrişimsel Sinir Ağları.

\* Corresponding Author: [ozgeergun@outlook.com.tr](mailto:ozgeergun@outlook.com.tr)



## 1. Introduction

Diabetes is a chronic disease that causes irregularities of the blood sugar level. It damages many parts of the body such as heart, eyes, blood vessels and nerves. There are two types of diabetes. Type 1 diabetes is a condition in which the pancreas does not produce enough insulin. In type 2 diabetes, not only the lack of insulin, but also the problems about the insulin resistance are the major issues critically affecting human life. According to the reports of World Health Organization (WHO, n.d.), more than 400 million people are diabetic in the world population and 1.6 million deaths are recorded due to the diabetic issues each year. Additionally, the number of diabetic patients is currently increasing at a growing rate every year when compared to earlier years. Therefore, the early stage detection for diabetics has crucial importance for human life.

It is proven that diabetes may be present for 4-12 years before diagnosis (Harris et al, 1992). When diagnosis is made, diabetes-related damage occurs in half of the patients. Researchers prove that early detection of diabetes will help to prevent heart diseases, blindness, vascular complications (Ramachandran & Chamukuttan, 2008) and stroke, kidney failure and limb amputations (U.S. Department of Health & Human Services, 2004). So, early diagnosis is very important to reduce the effects of the disease and improve life quality of patients.

Machine learning is a sub-branch of computer science and artificial intelligence which focuses on the use of data to create predictive models for various problems (IBM Cloud Education, 2020). It can be used for analyzing data and retrieving critical information. Moreover, the estimation and prediction for the future according to the presented data is possible by using the machine learning techniques for many different fields. Similarly, these techniques can be also applied in the medical field for information retrieving and pattern understanding from existing data and predict the future trends of health problems. For instance, some symptoms like polyuria, polydipsia, obesity, itching, polyphagia and delayed healing are known as the early symptoms of diabetes. However, healthy people can also have some of these symptoms. By using machine learning techniques, predicting if a person is healthy or diabetic is possible. In the presented study, the prediction of diabetes stages is aimed to estimate with a high accuracy rate.

In this study, "early stage diabetes risk prediction dataset" obtained from the UCI Machine Learning Repository has been used in the evaluation of techniques. In the literature, several studies focused on this dataset have been found. Oladimeji et. al analyzed the data set to define the most essential attributes for classification step (Oladimeji et. al, 2021). Several attribute evaluator approaches are applied such as SymmetricalUncert Attribute Evaluator, GainRatio Attribute Evaluator, InfoGain Attribute Evaluator, Correlation Attribute Evaluator with the ranker search method. It is found that obesity, delayed healing and itching were redundant features so, these features are deleted from the dataset. As machine learning techniques, Random forest, K-nearest neighbor, regular Decision Tree and Naive Bayes methods are applied by using a machine learning toolbox named WEKA. Results are evaluated and discussed by using a 10 fold cross validation schema. The highest accuracy achieved at this study is 98.31% by using random forest.

In another study on the same dataset, a feature selection algorithm is implemented to optimize the Multilayer Perceptron Classifier by reducing the number of input features (Le et. al, 2021). Grey Wolf Optimization and Adaptive Particle Swarm Optimization were utilized in the optimization step. The results are compared to several well-known machine learning methods such as decision tree, support vector machine, k-nearest neighbor, naïve bayes, random forest and logistic regression. An 80:20 ratio training and testing split ratio is used for model evaluation and 97% accuracy is achieved by using the proposed optimization based Multilayer Perceptron Classifier.

Sadhu and Jadli compared the seven classical machine learning models by using the same dataset in another study (Sadhu and Jadli, 2021). Accuracy of 98.08% and ROC score of 99.79% are reported by using random forest method. Oleiwi et. al applied 10 fold cross-validation over the radial basis function network model which resulted in 98.80% accuracy and 100% sensitivity scores (Oleiwi et. al, 2020). In another research, a test accuracy of 98,08% is reported by implementing the K-nearest neighbor algorithm on the same dataset (Bilgin, 2021). Additionally, several more classical machine learning methods such as multilayer perceptron, decision tree, ensemble learning algorithms, support vector machine and linear discriminant analysis were also used and a diabetes early diagnosis kit was developed. Different from the classical machine learning application, a time domain specific deep learning model, LSTM, is also tested over the same data set by Özer (Özer, 2020). Özer reported an average F1 score of 98.9% by implementing LSTM networks and validated the result of the created model over 10-fold cross validation. There are also other diabetic related datasets in literature. Nahzat and Yağanoğlu implemented random forest over different diabetic dataset. They reported an 88.31% accuracy score (Nahzat and Yağanoğlu, 2021).

In this paper, eight machine learning techniques are explained and used to create a predictive model for diabetes. Different from the previous studies, a 1D CNN model has been designed and tested over the dataset. The evaluated results are compared in terms of different metrics. Since early diagnosis helps reduce the effects of diabetes, this work is expected to be helpful for healthcare.

## 2. Material and Method

### 2.1. Dataset Information

Early stage diabetes risk prediction dataset (UCI Machine Learning Repository, 2020) is prepared by Islam et al. (Islam et al, 2020). Data have been collected from the records of the patients of Sylhet Diabetes Hospital in Sylhet, Bangladesh. There are 520 instances and 16 features that are related to diabetes. 15 attributes are categorical and 1 attribute is continuous. There are some attributes that are terms of medicine so, these attributes are explained below.

- Polydipsia is excessive thirst and is one of the first symptoms of diabetes (Hickman, 2020).
- Unexplained weight loss is when someone drops a significant amount of weight without a change in diet or exercise. It can occur in people who have type 2 diabetes, but it is more common at type 1 (Berkley, 2021).

- Polyphagia is excessive hunger that increases appetite significantly and persistently. It is one of the main symptoms of diabetes (Jones, 2021).
- Thrush is a yeast infection (candida albicans). High sugar levels supply better conditions for candida albicans to grow (Thrush, 2019).
- Blurred vision means the loss of sharpness of vision and it makes it impossible to see fine details. Instability of blood sugar is known as a reason for blurred vision (Coelho, 2021).
- Paresis is the condition of weakness of voluntary movement (Petrie, 2021). It can be a symptom of diabetes.
- Muscle stiffness is the inability of the muscles to relax normally. It can affect any part of the body and it causes difficulty of moving (Cirino, 2019).
- Diabetic patients are more likely to have alopecia areata. Alopecia leads to hair loss on any part of the body (Watson, 2018).

Since there are no missing values at the dataset, encoding categorical values was enough for dataset preparation. Categorical values which are yes/positive are denoted by 1 and no/negative are assigned as 0 in the analysis.

## 2.2. Methodology

In the presented study, classical and advanced machine learning methods are applied in order to predict diabetes in the early stages. To determine the most convenient technique which gives the highest classification performance result especially for the diabetic prediction purpose, eight well known machine learning techniques are applied to the same dataset and the results are compared with the same metrics. These selected machine learning methods are decision tree, random forest, support vector machine, XGBoost, K-nearest neighbor, Naive Bayes, artificial neural network and convolutional neural network. Results are evaluated in terms of accuracy, precision, recall and f score by applying cross validation schema. Methodology of this research is illustrated in Figure 1 and implemented methods are explained in the subsections.

### 2.2.1. Decision Tree

Decision tree is a machine learning method that visualizes how the created model predicts data. It builds a tree in which nodes of the tree represent features, branches represent which direction must be taken after each node and leaves represent predictions. Classes of given data can be predicted by traversing from root to leaves by choosing regarding branches. Decision tree also shows the importance of features, the most important and elective feature takes place at the root node. In the presented study, models have been created by using Gini Information Gain with two-level pruning settings.

### 2.2.2. Random Forest

When a part of the decision tree is built incorrectly, it causes the model to make false predictions. Random forest is a machine learning technique that aims to solve this overfitting issue. In this approach, predictions of several randomly created decision trees are combined and the most voted label is returned as a label of given data. The voting process over the decision of multiple tree models is illustrated in Figure 2 (Ampadu, 2021).

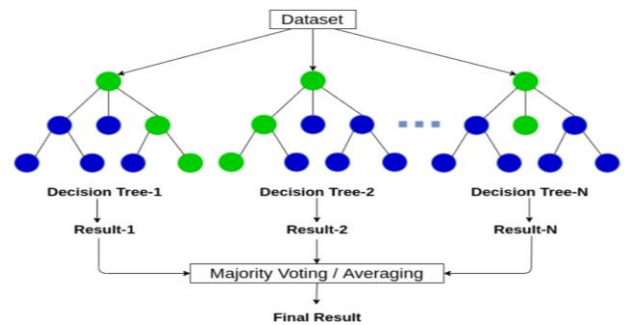


Figure 2. Voting Process at Random Forest

### 2.2.3. Support Vector Machine

Support vector machine maps each instance in a space and divides that space into hyperplanes. Each hyperplane represents a class and classification is done by mapping each data. Training time and cost may be too much for large size datasets so it is better to use SVM for small datasets. In this study, a polynomial kernel with a degree of 3 and a regularization parameter as 0.1 is implemented.

### 2.2.4. XGBoost

Extreme gradient boosting is a tree based machine learning framework, which starts by building weak models and ends up with a strong model. This process is done parallelly by adding more nodes to decision trees by considering the gradient of loss function. When classifying an instance, the result of each tree is considered and the most voted result is returned as the output of the model.

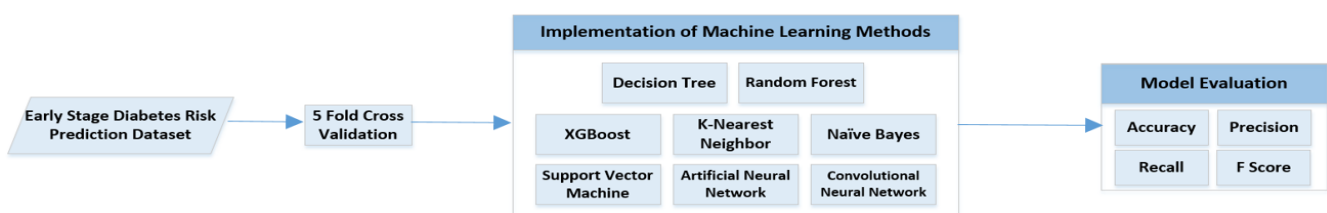


Figure 1. The Flowchart of the Study

**2.2.5. K- Nearest Neighbor**

K nearest neighbor is a simple yet effective machine learning algorithm. Training data is represented in a graph and an assumption that examples of the same classes will be closely positioned. When predicting the label of an instance, position of that instance at graph is determined by using its features and the k neighbors that are closest to that point is found. Labels of these neighbors are considered and prediction of the model is returned as the most seen label among neighbors.

**2.2.6. Gaussian Naïve Bayes**

Naive Bayes is a machine learning algorithm that is based on Bayes theorem. It makes an assumption that all attributes are independent so it does not produce good results when the dataset size is large and it has a lot of features. Gaussian Naive Bayes is a variant of Naive Bayes that implements Gauss normal distribution.

**2.2.7. Artificial Neural Network**

Artificial neural networks aim to imitate the functions of the human brain to solve complex problems. It is the process of creating a network that includes nodes and connections to make predictions. For initialization, random weights will be given to each connection and weights will be updated by calculating the loss of train data. To make predictions for a problem that has n classes, n nodes are set to the output of the network and each output of those n nodes represent the likelihood of given data to be related to that class.

**2.2.8. Convolutional Neural Network**

Convolutional neural network is a deep learning method that filters input data before feeding into the neural network. It is beneficial for reducing input shape by eliminating unrelated attributes. Convolution, pooling and flatten layers are applied then output of these layers are fed into dense layers. It is often used for images, but it can also be applied to numerical data. While 2 dimensional convolutional neural network architecture can be used for images, 1 dimensional convolutional neural network architecture can be used for numerical data. In this study, 1 dimensional convolutional neural network having 2 convolutional layers was applied over the classification of diabetic dataset. Convolution layers have 8 and 4 filters. A dropout layer was assigned to the output of convolution layers for avoiding overfitting, then pooling and flattening layers were located at the end of the 1D CNN architecture. These results are fed into a neural network which has 500 neurons and a sigmoid output function.

**2.3. Performance Metrics**

Several metrics to calculate performance of machine learning techniques have been used in the proposed study. These metrics were calculated over the confusion matrix.

In the confusion matrix, True positive (TP) is the count of positive labeled data that are correctly classified, true negative is the count of negative labeled data that are correctly classified, false positive is the count of negative labeled data that are classified as positive by mistake and false negative is the count of positive labeled data that are classified as positive by mistake. Mostly used performance metrics are accuracy, recall, precision and f-score.

Accuracy is a performance metric that is the ratio of correctly classified data over all data. It is a commonly used metric but it does not give detailed information about model performance. Precision is the ratio of true positive over all of the positive classified data. For diabetes classification, precision shows the ability of the model to predict patients and not labeling healthy people as patients. Recall is the ratio of true positive over all of the positive data. For diabetes classification, it shows how many patients can be detected by the model. F score is the harmonic mean of precision and recall so it is a strong metric to calculate model performance. In the calculation of F-Score, precision and recall is denoted as P and R, respectively. All the formulas are given below:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \tag{1}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \tag{2}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \tag{3}$$

$$\text{F-Score} = \frac{2*(P*R)}{P+R} \tag{4}$$

Model performance may also be shown in a confusion matrix. Confusion matrix is an n x n matrix that n denotes the number of labels of a given dataset. Each row represents actual labels and each column represents predicted labels. Confusion matrix shows the performance of the model as illustrated in figure 3.

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	True Positives (TPs)	False Positives (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negatives (FNs)	True Negatives (TNs)

Figure 3. Standard Form of Confusion Matrix

For evaluating the techniques over the dataset, these metrics have been calculated by applying 5 fold cross validation. When k fold cross validation is applied, the dataset will be divided into k parts. Training process will be done k times and at each time k-1 folds are used for training and 1 fold is used for testing. This approach prevents unbalanced data problem so model metrics can be measured in a more trustworthy way (Hawkins, Subhash & Mills, 2003).

**3. Results and Discussion**

All of the machine learning models that are described above are implemented for diabetes risk prediction dataset and the results in terms of accuracy, precision, recall and f-score are presented in Table 1. Results are validated by using a 5-fold cross validation schema in which training and testing sets were arranged as 416 and 104 samples for each fold. General performance scores listed in Table 1 were calculated by averaging the fold results.

According to the results, the highest classification accuracy is achieved by 1 dimensional convolutional neural network. An accuracy of 99.04% has been measured for the classification of the dataset.

Table 1. The Classification Performances of the Utilized Machine Learning Techniques for the Diabetes Risk Prediction Dataset

Method	Accuracy(%)	Precision(%)	Recall(%)	F1 Score(%)
K-Nearest Neighbor	89.42	88.92	90.34	89.09
Decision Tree	95.58	95.17	95.58	95.34
Random Forest	97.69	97.69	97.53	97.57
Support Vector Machine	94.62	94.18	94.51	94.31
Naïve Bayes	88.85	88.30	88.11	88.16
XGBoost	97.89	97.80	97.77	97.76
Artificial Neural Network	92.31	91.82	92.40	92.07
Convolutional Neural Network	<b>99.04</b>	<b>100.00</b>	<b>98.63</b>	<b>99.31</b>

In terms of precision, convolutional neural network achieved 100% performance. This shows that when the model created by using convolutional neural network classifies a sample as patient, the possibility of it being healthy is very low. Since a health issue is the topic of this research, recall is also a very important metric. Determining a healthy person as a patient can be tolerated in some cases but diagnosing a diabetic patient as healthy may cause serious issues. In terms of recall, all of the implemented machine learning models resulted in a satisfactory level. The highest recall score is measured as 98.63% when using the designed 1 dimensional convolutional neural network over the dataset. Also, the F-score metric should be considered to balance precision and recall scores. The highest F-score is 99.31% and it is also obtained by using the same designed 1 dimensional convolutional neural network. By considering these results, the convolutional neural network model is the most successful model to predict diabetes.

While the proposed convolutional neural network achieved the maximum classification accuracy as shown in Table 1, the lowest performance is obtained by using Naïve Bayes method. All of the performance metrics are measured below 90%. Since the features of the dataset are not independent, assumption of independent features (Rish, 2001) may lead to the obtained low performance. This model may misinterpret given samples and label them wrong.

In order to define the most informative features of the dataset, XGBoost and Decision Tree models were investigated. After the training phase of XGBoost, the importance of each attribute to the performance of classification is illustrated in Figure 4.

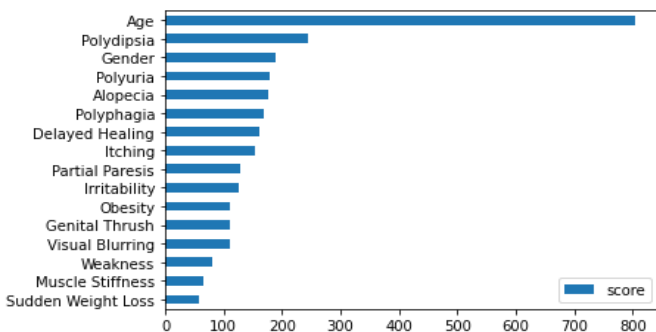


Figure 4. The importance of features for XGBoost Model

According to the XGBoost classification performance which resulted in 97.89%, 97.80% and 97.77% in accuracy, precision e-ISSN: 2148-2683

and recall scores, respectively, age of the patients have crucial importance in the classification. Most patients have been correctly classified as diabetic or non-diabetic by using “Age” information in the dataset. Then, the polydipsia which indicates the status of excessive thirst condition of patients is the second crucial parameter in the definition of diabetes. The least important features were determined as sudden weight loss and muscle stiffness situations of the patients as those can happen because of many other reasons such as stress or excessive sportive activity.

Decision tree is another easy understandable technique with its outcomes. After the pruning, the tree that is created for diagnosis of diabetes is illustrated in Figure 5. It shows that the most important feature is polyuria for the created decision tree model.

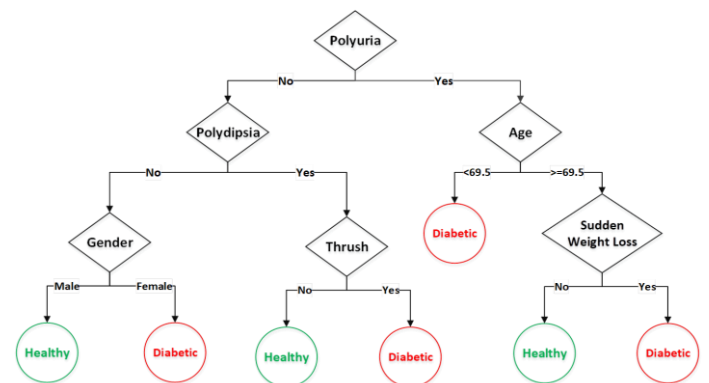


Figure 5. Importance of features for Decision Tree Model

#### 4. Conclusions and Recommendations

In this research, eight machine learning methods are applied to the early stage diabetes risk prediction dataset. The results are compared in terms of performance metrics such as accuracy, recall, precision and f-score. The most successful model is the designed 1 dimensional convolutional neural network model, and it has an accuracy of 99.04% over data set over the 5 fold cross validation schema. In literature, there was no research that XGBoost or Convolutional Neural Networks applied to the early stage diabetes risk prediction dataset. The results explained in this paper show that both of these two methods perform satisfactorily in detecting early stage diabetes risk. Since evaluated metrics are high, further work of creating an early stage diabetes risk



prediction application may be done by using the created Convolutional Neural Network model.

## References

- Ampadu, H. (2021, May 01). Random Forests Understanding. AI Pool. <https://ai-pool.com/a/s/random-forests-understanding>
- Berkley, C. (2021, May 18). How Is Rapid Weight Loss Related to Diabetes. Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/rapid-weight-loss-5101064>
- Bilgin, G. (2021). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanarak Erken Dönemde Diyabet Hastalığı Riskinin Araştırılması. Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi, 4(1), 55-64. <https://doi.org/10.46387/bjesr.790225>
- Cirino, E. (2019, July 6). What Causes Muscle Rigidity. Healthline. <https://www.healthline.com/health/muscle-rigidity>
- Coelho, S. (2021, April 28). What Is Blurred Vision. Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/blurred-vision-5114184>
- Draeos, R. (2019). Measuring Performance: The Confusion Matrix. Glass Box Medicine. <https://glassboxmedicine.com/2019/02/17/measuring-performance-the-confusion-matrix/>
- Harris, M. I., Klein, R., Welborn, T. A. & Knudman, M. W. (1992). Onset of NIDDM occurs at least 4–7 yr before clinical diagnosis. Diabetes Care, 15(7), 815-819. DOI: 10.2337/diacare.15.7.815
- Hawkins, D. M., Subhash, C. B. & Mills, D. (2003). Assessing Model Fit by Cross-Validation. Journal of Chemical Information and Computer Sciences, 43(2), 579–586. <https://doi.org/10.1021/ci025626i>
- Hickman, R. J. (2020, July 28). What Is Polydipsia. Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/polydipsia-4783881>
- IBM Cloud Education. (2020, July 15). What is machine learning. IBM. <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>
- Islam, M. M., Ferdousi, R., Rahman, S. & Bushra, H. Y. (2020). Likelihood Prediction of Diabetes at Early Stage Using Data Mining Techniques. Computer Vision and Machine Intelligence in Medical Image Analysis, 113-125. DOI:10.1007/978-981-13-8798-2\_12
- Jones, H. (2021, April 5). Causes of Polyphagia. Verywell Health. [verywellhealth.com/polyphagia-5114624](https://www.verywellhealth.com/polyphagia-5114624)
- Le, T. M., Vo, T. M., Pham, T. N. & Dao, S. V. T. (2020). A Novel Wrapper-Based Feature Selection for Early Diabetes Prediction Enhanced With a Metaheuristic. IEEE Access, 9, 7869-7884. DOI:10.1109/ACCESS.2020.3047942
- Nahzat, S., Yağanoğlu, M. (2021). Diabetes Prediction Using Machine Learning Classification Algorithms. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Özel Sayı 2021 (ARACONF), 53-59. DOI: 10.31590/ejosat.899716
- Oladimeji, O. O., Oladimeji, A. & Oladimeji, O. (2021). Classification Models for Likelihood Prediction of Diabetes at Early Stage Using Feature Selection. Applied Computing and Informatics. <https://doi.org/10.1108/ACI-01-2021-0022>
- Olewi, A. K., Shi, L., Tao, Y. & Wei, L. (2020). A Comparative Analysis and Risk Prediction of Diabetes at Early Stage using Machine Learning Approach. International Journal of Future Generation Communication and Networking, 13(3), 4151-4163.
- Özer, İ. (2020). Uzun Kısa Dönem Bellek Ağlarını Kullanarak Erken Aşama Diyabet Tahmini. Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 2(2), 50-57. <https://doi.org/10.38016/jista.877292>
- Petrie, T. (2021, June 07). What Is Paresis. Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/paresis-5184820>
- Ramachandran, A. & Chamukuttan, S. (2008). Early Diagnosis and Prevention of Diabetes in Developing Countries. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders, 9(3), 193-201. DOI: 10.1007/s11154-008-9079-z
- Rish, I. (2001). An Empirical Study of the Naïve Bayes Classifier. IJCAI Workshop on Empirical Methods in AI, 3(22). 41-46.
- Sadhu, A. & Jadli, A. (2021). Early-Stage Diabetes Risk Prediction: A Comparative Analysis of Classification Algorithms. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET), 8(2), 193-201. DOI: 10.17148/IARJSET.2021.8228
- Thrush. (2019, January 15). Diabetes UK. <https://www.diabetes.co.uk/diabetes-complications/diabetes-and-yeast-infections.html>
- UCI Machine Learning Repository. (2020, July 12). Early stage diabetes risk prediction dataset. <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Early+stage+diabetes+risk+prediction+dataset>
- U.S. Department of Health & Human Services. (2004, January 12). Diabetes: A National Plan For Action. The Importance Of Early Diabetes Detection. <https://aspe.hhs.gov/report/diabetes-national-plan-action/importance-early-diabetes-detection>
- Watson, S. (2018, September 29). Does Diabetes Cause Hair Loss. Healthline. <https://www.healthline.com/health/does-diabetes-cause-hair-loss>
- WHO. (n.d.). Diabetes. Retrieved July 15, 2021, from <https://www.who.int/health-topics/diabetes>
- Wood, T. (n.d.). What is a Random Forest. DeepAI. Retrieved August 01, 2021, from <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/random-forest>



# Jensen Shannon Mesafesi Temelli Uyarlanmış Bulanık C Ortalamalar Kümeleme Yöntemi

Naciye Aydin<sup>1\*</sup>, Gökhan Kayhan<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6261-6121), naciye.aydin@bil.omu.edu.tr

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3391-0097), gkayhan@omu.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1021473)

**ATIF/REFERENCE:** Aydin, N. & Kayhan, G. (2021). Jensen Shannon Mesafesi Temelli Uyarlanmış Bulanık C Ortalamalar Kümeleme Yöntemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 58-64.

## Öz

Denetimsiz öğrenmenin önemli bir dalı olan kümeleme yöntemleri, bilgisayar bilimlerinin popüler araştırma alanlarından biridir. Kümeleme yöntemlerinin birçoğunda, küme sayısının tahmin edilememesi önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada küme sayısını tahmin etmek için Jensen Shannon (JS) mesafesi, Bulanık C Ortalamalar (BCO) algoritmasına uyarlanarak yeni bir Jensen Shannon Bulanık C Ortalamalar (JSBCO) algoritması önerilmiştir. Bu çalışma, BCO algoritmasını temel alan yeni bir algoritma önerisiyle doğru küme sayısını belirleme başarımını artırmayı hedeflemektedir. Bu amaçla, önerilen JSBCO algoritması, Uyarlanmış Bölüm Entropisi (MPE) ile kullanılan BCO yöntemi ve saf BCO algoritması ile karşılaştırılmıştır. BCO algoritması 6 farklı veri seti için, veri tabanında tanımlanan sahip oldukları gerçek küme sayıları ile çalıştırılmıştır. Aynı veri setleri MPE-BCO ve JSBCO yöntemleri için de çalıştırılarak verilere ait küme sayıları tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile JSBCO, MPE-BCO ve BCO yöntemlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan bu karşılaştırma ile JSBCO algoritmasının küme sayısını tahmin etmede ve amaç fonksiyonunu minimize etmede daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. JSBCO algoritmasının MPE-BCO yöntemine göre, küme sayısı tahmin etme üstünlüğünün yanı sıra, küme sayısı tahmininde daha kararlı davrandığı sonucuna ulaşılmıştır. JSBCO algoritmasının küme sayısı tahmin etmede daha kararlı davrandığını göstermek için Aggregation veri seti esas alınarak hem MPE-BCO algoritması hem JSBCO algoritması ile 10 farklı çalışmasının sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre MPE-BCO yöntemi, 10 farklı çalışma içinde toplamda 2 kez doğru tahmin ederek %20 doğruluk elde ederken, JSBCO algoritması 10 farklı çalışma içinde 8 kez doğru tahminde bulunarak %80 doğruluk elde etmiştir. Ayrıca tüm veri setlerinin 10 farklı çalışması sonucu elde edilen küme sayısı tahminleri her iki yöntemde karşılaştırılarak, JSBCO algoritmasının artan küme sayısı ve özellik sayısında da kararlı davranışlarını sürdürdüğü gösterilmiştir. Son olarak JSBCO algoritmasının, BCO algoritması kısmından kaynaklanan dezavantajlı durumlarının giderilmesi için gelecek çalışmalara yol gösteren önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Denetimsiz Öğrenme, Kümeleme, Bulanık C Ortalamalar, Jensen Shannon Mesafesi, Uyarlanmış Bölüm Entropisi.

## Modified FCM Clustering Method based on Jensen Shannon Distance

### Abstract

Clustering methods, which is an important branch of unsupervised learning is one of the popular research areas of computer science. The inability to predict the number of clusters is an important problem in many clustering methods. In this study, a new Jensen Shannon Fuzzy C Means (JSFCM) algorithm have been proposed by modifying the Jensen Shannon (JS) distance to the Fuzzy C Means (FCM) algorithm to estimate the number of clusters. The goal of the study is to increase the performance of determining the correct number of clusters with a new algorithm proposal based on the FCM algorithm. For this purpose, the suggested JSFCM algorithm is compared with the FCM method used with Modified Partition Entropy (MPE-FCM) and the pure FCM algorithm. The FCM algorithm was run for 6 different data sets with the real number of clusters defined in the database. The number of clusters of datasets was predicted by running the same datasets for the JSFCM and MPE-FCM methods. The obtained results are compared with the JSFCM, MPE-FCM and pure FCM methods. With this comparison, it is concluded that the JSFCM algorithm is more successful

\* Naciye Aydin: [naciye.aydin@bil.omu.edu.tr](mailto:naciye.aydin@bil.omu.edu.tr)

in estimating the number of clusters and minimizing the objective function. It has been concluded that the JSFCM algorithm, in addition to its superiority in estimating the number of clusters is more stable in estimating the number of clusters compared to the MPE-FCM method. Based on the aggregation dataset, when the results of 10 different runs with both JSFCM and MPE-FCM algorithms are examined, it has been demonstrated that the JSFCM algorithm is more stable in estimating the number of clusters. According to these results, the MPE-FCM method achieved 20% accuracy by making 2 correct predictions in 10 different runs while the JSFCM method achieved 80% accuracy by making 8 correct predictions in 10 different runs. In addition, the cluster number predictions of all data sets obtained in 10 different runs were compared with both methods, and it was shown that the JSFCM algorithm maintains its stability when the number of clusters and features increases. Finally, suggestions are made to guide future research to eliminate the disadvantageous situations of the JSFCM algorithm arising from the FCM algorithm.

**Keywords:** Unsupervised Learning, Clustering, Fuzzy C Means, Jensen Shannon Distance, Modified Partition Entropy

## 1. Giriş

Denetimsiz makine öğreniminin bir alt dalı olan kümeleme yöntemlerinde, doğru küme sayısını saptayabilmek kümeleme algoritmalarının önemli problemlerinden biri olarak görülmektedir. Yüksek boyutlu gerçek dünya veri setlerinde verinin kaç kümeden oluştuğu çoğu zaman bilinmez. Bu bilinmezliği gidermek için küme sayısını tahmin eden yöntemler geliştirilmiştir.

Literatürde küme sayısının önceden bilinmesini gerektirmeyen algoritmalarından en bilinenleri hiyerarşik kümeleme yöntemleridir. Bu yöntem, bir ağaç yapısı şeklinde iç içe kümelerden oluşur. Genel olarak birleştirici ve bölücü olmak üzere iki tür yaklaşımı mevcuttur. Birleştirici hiyerarşik kümeleme yönteminde, her bir veri başlangıçta bir küme olarak belirlenir. Her bir küme arasındaki mesafe hesaplanarak birbirine en yakın noktaların birleştirilmesi ile hiyerarşik yapı oluşturulur. Bölücü hiyerarşik kümeleme yönteminde ise tüm veri elemanları başlangıçta tek bir küme olarak belirlenir. Her adımda benzerlik oranı düşük olan kümeler bölünerek daha küçük kümelerin oluşması ile elde edilir. Ancak hiyerarşik kümeleme yöntemlerinde, kümeler ardışık bir şekilde olduğundan statiktir. Yani bir kümeye atanan veri elemanları başka bir kümeye ait olması durumunda yeniden ayarlama yapılamaz. Ayrıca yüksek karmaşıklık ve hesaplama yavaşlığı, hiyerarşik kümeleme yöntemlerinde ayrı bir dezavantaj oluşturur (Ezugwu et al. 2021 ; Govender & Sivakumar 2020).

K-ortalamalar ve Bulanık C Ortalamalar (BCO) gibi klasik kümeleme yöntemlerinde küme sayısı kullanıcı tarafından belirlenir. Bu kümeleme algoritmaları, farklı yöntemlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan hibrit algoritmalar ile kullanıcıdan küme sayısı girdisi almadan kümeleme yapabilmeyi sağlamıştır. Hibrit yöntemlerle oluşturulan algoritmaların birçoğunda küme sayısının algoritma tarafından belirlendiği meta-sezgisel yöntemlerin bir türü olan evrimsel algoritmalarından yararlanılmıştır (Hruschka et al. 2009). Bu çalışmalardan biri, K-ortalamalar algoritması ile birlikte genetik algoritma kullanarak, küme sayısının kullanıcı tarafından girilmesini önlemek için önerilen GenClust algoritmasıdır (Rahman & Islam 2014). Başka bir çalışmada, kuantumdan ilham alan genetik algoritmaya dayalı k-ortalama kümeleme algoritması (KMQGA) (Xiao et al. 2010) önerilmiştir. BCO ile yapılan bir çalışmada, uzaktan algılama görüntülerinde küme sayısının belirlenmesi

problemini çözmek için, değiştirilmiş diferansiyel evrim algoritması kullanılarak bir BCO kümeleme yöntemi olan MoDEAFC algoritması önerilmiştir (Maulik, Member, and Saha 2010). Başka bir araştırma, çok amaçlı genetik algoritma tabanlı bulanık kümeleme algoritması (FCM-NSGA) sunarak küme sayısını belirleme problemini çözmüştür (Wikaisuksakul 2014).

BCO algoritması görüntü bölütleme problemi gibi özel sorunların çözümü için otomatikleştirilmiştir. Görüntü bölütleme problemi için geliştirilen bir çalışmada, küme sayısı bilinmeyen bir görselde, önerilen Otomatik Bulanık C Ortalamalar (AFCM) algoritması ile görüntü pikselleri homojen gruplara ayrılmıştır. Bölütleme kalitesini iyileştirmek için AFC algoritması tekrar geliştirilerek, Otomatik Değiştirilmiş Bulanık C Ortalamalar (AMFCM) algoritması ikinci bir otomatik kümeleme yöntemi olarak önerilmiştir (Li & Shen 2010).

Bu çalışmada BCO kümeleme algoritmasının dezavantajlarından biri olan küme sayısının belirlenmesi problemi üzerinde durulmuştur. Bu problemi gidermek için bilgi entropisinde önemli bir yeri olan Kullback Leibler sapmasının genişletilmiş hali olan Jensen Shannon mesafesi kullanılarak yeni bir algoritma olan JSBCO algoritması önerilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Bulanık C Ortalamalar

BCO algoritması, bulanık mantık ilkesi esas alınarak J.Bezdek tarafından geliştirilmiş (Bezdek 1984) bir kümeleme algoritmasıdır. Her bir veri örneği için birden fazla kümeye ait olabilen bir üyelik değeri bulunur. Veri örneklerinin farklı kümelere olan üyelik değerlerinin toplamı 1 olmalıdır. BCO amaç fonksiyonu temelli bir bulanık kümeleme algoritmasıdır. Denklem (1)'de gösterilen amaç fonksiyonu en küçük kareler yönteminin genelleştirilmesi ile oluşturulmuştur. BCO algoritması amaç fonksiyonunu olabilecek en küçük değerde tutmaya çalışır. Bu değer küçüldükçe, küme içi benzerlik ve kümeler arası benzersizliğin yükseldiği bir kümeleme gerçekleştirilmiş olur.

$$J_m(U, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik}^m \cdot d_{ik}^2 \quad (1)$$

Denklem (1)'de U değeri üyelik matrisini, v değeri küme merkezini, n parametresi veri sayısını, c parametresi  $2 \leq c < n$  aralığındaki küme sayısını,  $u_{ik}$  değeri k. verinin i. kümeye ait olma olasılığını, m değeri ( $1 \leq m < \infty$ ) bulanıklık parametresini,  $d_{ik}$  ise i. küme ile veri noktası arasındaki mesafeyi temsil etmektedir.

Denklem (2) ile küme merkezlerinin hesaplanması verilmiştir.

$$V_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_{kj}}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad (2)$$

Burada  $u_{ik}$   $i$ . veri örneğinin  $k$  kümesine üyelik değeridir.  $i$ . veri örneğinin tüm kümelere olan üyelik toplamı 1'e eşittir.  $x_{kj}$  veri noktasını temsil eder.

N sayıda veri örneği ve k sayıda küme için üyelik matrisinin güncellenmesi Denklem (3) 'te gösterilmiştir.

$$U_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}}\right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (3)$$

## 2.2. Uyarlanmış Bölüm Entropisi (MPE)

Uyarlanmış Bölüm Entropisi (Modified Partition Entropy, MPE) yöntemi BCO algoritmasının küme tahmini için uygulanan (Schenatto et al. 2017) en yaygın yöntemlerden biridir. MPE, [0-1] aralığında değer alır. 0'a yaklaşan değerler için kümelemenin daha doğru olduğunu gösterir. 1'e yaklaşan değerler için düzensizliğin arttığını gösterir (Boydell & McBratney 2002).

$$MPE = -\left(\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik}^m \cdot \log(u_{ik})/n\right) / \log c \quad (4)$$

MPE ile BCO yönteminde maksimum küme sayısı belirlenir. Denklem (4)'te verilen ifade ile MPE hesaplanır. Burada C maksimum küme sayısını belirtmek üzere;  $MPE_{C-1} < MPE_C$  ve  $MPE_{C-1} < MPE_{C-2}$  şartı sağlandığında, bölüm doğrulama kriterini minimum eden küme sayısı  $c=c-1$  uygun küme sayısı olarak seçilir.

## 2.3. Jensen Shannon (JS) mesafesi

Jensen Shannon ıraksaması (JSD) iki olasılık arasındaki farkı ölçmek için kullanılır (Lin 1991). JSD, Denklem (5)'te gösterilen Kullback Leibler (KL) sapmasını kullanarak simetrik bir hesaplama yapar.

$$KL(X//Y) = \sum_{i=1}^N x_i \log \frac{x_i}{y_i} \quad (5)$$

$$JSD(P//Q) = \frac{1}{2} KL(P//M) + \frac{1}{2} KL(Q//M) \quad (6)$$

Denklem (6) 'da P ve Q JSD hesaplamasında kullanılan iki olasılık dağılımıdır. Burada logaritma 2 tabanında kullanılır. M ise Denklem (7)' de gösterilen P ve Q değerlerinin ortalamasını ifade eder.

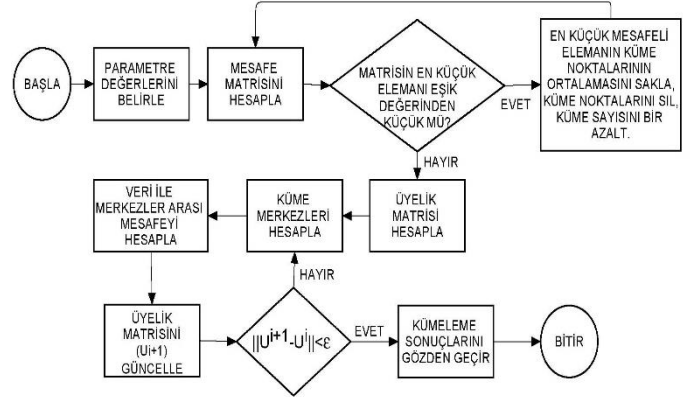
$$M = \frac{1}{2} (Q+P) \quad (7)$$

$$JSD(P//Q) = JSD(Q//P) \quad (8)$$

Denklem (8) P ve Q olasılığı ile Q ve P olasılığının JSD ile hesaplandığında aynı sonucu verdiğini gösteren simetrik bir benzerlik ölçüsüdür. P ve Q değerlerinin olasılıkları toplamı 1 olmalıdır. Denklem (6)'te gösterilen JSD değerinin karekökünün hesaplanması ile Jensen Shannon mesafesi bulunur. Jensen Shannon mesafesi 0 ile 1 arasında değer alır. Değerin 0'a yakın olması iki olasılık arasındaki (P ve Q) yakınlığının yüksek olduğunu gösterir.

## 2.4. Jensen Shannon Bulanık C Ortalamalar (JSBCO) Algoritması

Bu çalışmada BCO algoritmasının küme sayısındaki bilinmezliğini gidermek için, Denklem (6)'da gösterilen Jensen Shannon mesafesi kullanılarak yeni bir Jensen Shannon Bulanık C Ortalamalar (JSBCO) kümeleme algoritması önerilmiştir.



Şekil 1. JSBCO Algoritmasının Akış Şeması

JSBCO algoritmasının ilk adımında bulanıklık parametresi, maksimum küme sayısı, maksimum iterasyon sayısı, Jensen Shannon mesafesi için belirlenen eşik değeri gibi parametre değerleri atanır. Algoritmanın maksimum küme sayısı belirlenir. Küme noktaları ilk etapta rastgele seçilir. Seçilen tüm küme noktaları arasındaki Jensen Shannon mesafe matrisi hesaplanır. Hesaplanan matristeki minimum değerli Jensen Shannon mesafesi belirlenen eşik değerinden küçük olduğu sürece, iki küme noktasının ortalama değeri yeni küme noktası olarak atanır. Minimum değer ilişkili iki küme noktası kaldırılarak küme sayısı bir azaltılır. Eşik değeri, minimum değerli Jensen Shannon mesafesinden küçük değilse uygun küme sayısı bulunmuş olur. Ardından üyelik matrisleri rastgele oluşturularak BCO algoritması başlatılmış olur. Böylece BCO algoritması başlatılmış olur. Sonraki adımda küme merkezleri Denklem (2)'deki gibi, üyelik matrislerinin güncellenmesi Denklem (3)'teki gibi hesaplanır. Hesaplama sonucunda JSBCO kümeleme algoritması bulunan uygun değerli küme sayısı ile veri elemanlarının hangi kümeye ne kadar olasılıkla bağlandığı sonucunu verir. Şekil 1'de JSBCO algoritmasının akış şeması gösterilmiştir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada JSBCO algoritmasının sonuçlarını değerlendirmek için Path-based1 (Chang and Yeung 2008), Compound (Zahn 1971), Aggregation (Gionis, Mannila, & Tsaparas 2007), R15 (Veenman, Reinders, & Backer 2002) yapay veri setleri ve UCI Makine Öğrenmesi veri seti deposunda bulunan (Dheeru & Taniskidou) İris ve Glass gerçek veri setleri olmak üzere 6 farklı veri seti kullanılmıştır. Tablo 1'de her bir veri setinin içerdiği örnek sayısı, küme sayısı ve veri setlerinin özellik sayısı bilgileri gösterilmiştir.



Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Veri Setleri

Veri Seti	Örnek Sayısı	Küme Sayısı	Özellik Sayısı
<i>Path-based1</i>	300	3	2
<i>Compound</i>	788	6	2
<i>Aggregation</i>	399	7	2
<i>R15</i>	600	15	2
<i>İris</i>	150	3	3
<i>Glass</i>	214	6	9

JSBCO algoritmasının doğruluğunu kıyaslamak amacıyla, saf BCO algoritması ve MPE yöntemi kullanılmıştır. Tablo 1'de açıklanan veri setlerinin gerçek küme sayıları kullanılarak BCO algoritması çalıştırılmış ve her bir veri seti için Denklem 1'de gösterilen amaç fonksiyonu ( $J_m$ ) hesaplanmıştır. Tablo 2'de BCO, JSBCO ve MPE ile BCO yöntemlerinin amaç fonksiyonu üzerinden kümeleme başarımlarının karşılaştırması verilmiştir. Veri setlerinin bilinen gerçek küme sayıları ile BCO algoritması ile kümeleme işlemi gerçekleştirilmiş ve  $J_m$  değeri hesaplanmıştır. Sonrasında MPE-BCO ve JSBCO ile bulunduğu küme sayılarına göre  $J_m$  değeri hesaplanarak benzer durumlardaki başarımları hesaplanmıştır.

Tablo 2'nin oluşturulmasında  $J_m$  değerlerinin uygunluğu ve Tablo 3'te verilen tüm veri setleri için 10 farklı çalışma

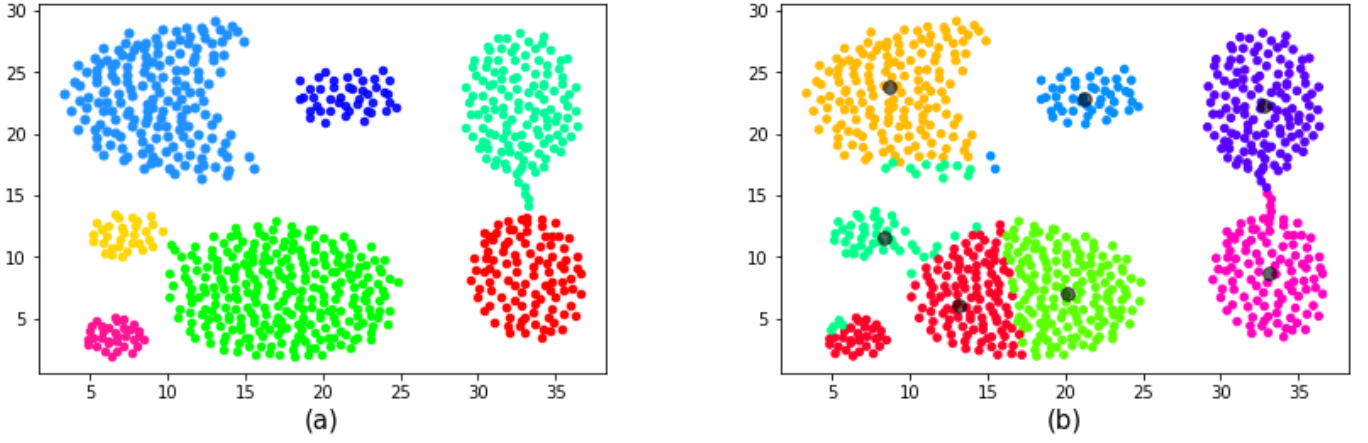
sonucunda küme sayılarının tekrar sıklığı esas alınmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere örneğin Path-based1 verisi için JSBCO yöntemi gerçek küme sayısını yakalamış ve BCO yöntemine göre daha düşük bir  $J_m$  değeriyle daha başarılı bir kümeleme gerçekleştirmiştir. Ayrıca yine JSBCO yönteminin MPE-BCO yöntemine göre de daha başarılı bir kümeleme yaptığı görülmektedir. Tablodaki veri setlerine göre genel olarak JSBCO yöntemi BCO kadar başarılı olmasının yanı sıra küme sayısı belirsizliği problemini ortadan kaldıran bir yöntem olması avantajına sahiptir.

Şekil 2'de aggregation veri setinin, gerçek küme gösterimi (a) ve BCO algoritmasının gerçek küme sayısı ile çalıştırılması sonucu veri noktalarının kümelenmesi ve küme merkezlerinin dağılımı (b) gösterilmiştir. BCO algoritmasının eliptik şekillerdeki başarımının (b) düşük olması dezavantajı bu veri setinde görülmektedir.

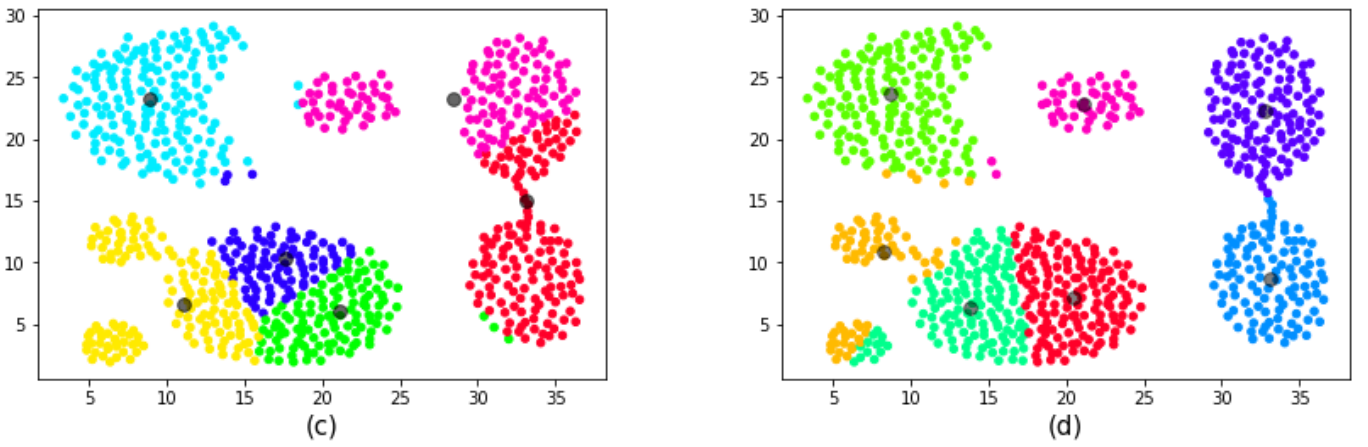
Tablo 2'de gösterildiği üzere, MPE-BCO yöntemi ile aggregation veri seti kullanıldığında tahmini küme sayısı 6 olarak bulunmuştur. Aynı veri seti JSBCO algoritması ile çalıştırıldığında tahmin edilen küme sayısı 7 olarak bulunmuş ve algoritma gerçek küme sayısını bu veri setinde tahmin edebilmiştir. Şekil 3 (c)'de, bu veri setinin MPE-BCO yöntemi ile Şekil 3 (d) JSBCO yöntemi kullanılarak tahmin edilen küme sayısı ile hesaplama sonucu veri noktalarının dağılımı ve küme merkezlerinin bulunduğu konumlar gösterilmiştir. JSBCO yöntemi ile kümeleme görünümü, Şekil 2 (b) ile karşılaştırıldığında BCO ile kümelemedeki gibi bir davranış sergilediği görülmektedir. Bunun nedeni yöntemin BCO algoritmasını esas alan bir yöntem olmasıdır. Ancak JSBCO algoritması, küme sayısını tahmin edebilmesi yönüyle incelendiğinde Şekil 3(c)'deki MPE-BCO yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 2. BCO, JSBCO ve MPE ile BCO Yöntemlerinin Karşılaştırması

Veri Seti	BCO		MPE - BCO		JSBCO	
	Gerçek Küme Sayısı	Amaç Fonksiyonu ( $J_m$ ) değeri	MPE ile Tahmin Edilen Küme Sayısı	Amaç Fonksiyonu ( $J_m$ ) Değeri	JSBCO ile Tahmin Edilen Küme Sayısı	Amaç Fonksiyonu ( $J_m$ ) Değeri
<i>Path-based1</i>	3	962.5024	6	526.6789	3	512.5141
<i>Compound</i>	6	588.9485	6	587.5898	6	523.1621
<i>Aggregation</i>	7	1502.8511	6	1502.2875	7	1465.8436
<i>R15</i>	15	167.9876	11	225.3542	13	187.3340
<i>İris</i>	3	71.5194	5	48.6291	2	108.9791
<i>Glass</i>	6	68.9137	4	104.3339	6	63.7615



Şekil 2. Aggregation Veri Seti için; (a) Gerçek Küme Görünümü ve (b) BCO ile Kümeleme Görünümü



Şekil 3. Aggregation Veri Seti için; (c) MPE-BCO ile Kümeleme Görünümü ve (d) JSBCO ile Kümeleme Görünümü

Ayrıca JSBCO yöntemi, MPE-BCO yöntemine göre kararlı sonuçlar üreten bir yöntemdir. Çünkü JSBCO algoritması, MPE yönteminden farklı olarak üyelik matrisini küme tahmininden sonra sadece bir kez hesaplamaktadır. MPE yöntemi kullanılarak uygulanan BCO algoritması uygun küme sayısına ulaşmaya kadar, her yeni küme sayısı için rastgele bir üyelik matrisi oluşturarak BCO algoritmasını çalıştırmaktadır. JSBCO algoritmasında ise maksimum küme sayısı kadar küme merkezi, verinin içinden rastgele seçilmektedir. Bu algoritma, belirlenen eşik değeri ile karşılaştırma yaparak küme sayısını tahmin etmektedir. Küme sayısını tahmin ettikten sonra bir kez üyelik matrisini oluşturmakta olup sadece bir kez BCO algoritmasını çalıştırmaktadır. Bu durumun karşılaştırılması amacıyla veri setleri için MPE-BCO ve JSBCO yöntemlerini ürettiği küme sayıları Tablo 3 ile verilmiştir. 3 kümeden oluşan Pathbased1 veri seti için sonuçlar incelendiğinde, 10 farklı çalışmada JSBCO yönteminin 5 kez doğru kümelemeyi yakaladığı ve diğer tahminlerinin gerçek küme sayısına yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. MPE-BCO yöntemi ise aynı veri setinde hiç doğru tahminde bulunamamış ve küme sayısı tahminleri gerçek küme sayısından uzak kalmıştır. Küme sayısı diğer veri

setlerinden fazla olan 15 kümelili R15 veri seti incelendiğinde, JSBCO algoritmasının 2 kez gerçek küme sayısını verdiği ve diğer çalışmalarında 11 ve 16 arasında tahminler yaparak gerçek küme sayısına yakınsadığı görülmektedir. Ancak MPE-BCO yönteminin R15 veri seti için 1 kez doğru tahminde bulunduğu ve diğer tahminlerinin 5 ve 18 gibi gerçek küme sayısından uzakta ve birbiri ile alakasız olduğu fark edilmektedir. Pathbased1 gibi düşük küme sayısında, R15 gibi yüksek küme sayısında ve İris ve Glass gibi özellik sayısının fazla olduğu veri setlerinde JSBCO yönteminin küme sayısını tahmin etmede veya gerçek küme sayısını tahminine yakınsamada MPE-BCO yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmektedir.

Ayrıca Aggregation veri seti kullanılarak iki algoritmanın küme sayısı tahminleri ve amaç fonksiyonlarındaki değişim Tablo 4'te gösterilmiştir. Aynı veri seti için MPE-BCO ve JSBCO algoritmaları 10 kez çalıştırılmıştır. 10 farklı çalışma sonucunda, MPE-BCO yöntemi verinin gerçek küme sayısı olan 7 küme için 2 kez doğru tahmin ederek %20 doğruluk elde ederken, JSBCO algoritması 8 kez tahmin ederek %80 oranında doğru tahminde bulunmuştur.

Tablo 3. Veri Setleri için MPE-BCO ve JSBCO Yöntemlerinin Kümeleme Sonuçları

Çalıştırma İndeksi	Veri Setleri için Elde Edilen Küme Sayıları											
	Pathbased1		Compound		Aggregation		R15		İris		Glass	
	MPE - BCO	JSBCO	MPE - BCO	JSBCO	MPE - BCO	JSBCO	MPE - BCO	JSBCO	MPE - BCO	JSBCO	MPE - BCO	JSBCO
1	6	4	5	4	6	7	9	12	5	5	8	6
2	7	3	7	6	5	7	11	12	9	2	5	7
3	6	4	6	6	3	7	8	13	5	2	6	6
4	6	3	6	6	7	7	5	16	5	2	4	7
5	6	3	6	8	6	8	5	15	8	3	5	6
6	5	3	6	7	5	7	11	15	9	3	4	6
7	6	3	5	4	7	7	14	13	4	2	4	7
8	6	2	6	6	6	7	18	14	6	3	4	7
9	6	4	5	6	5	6	15	11	10	3	6	7
10	6	5	7	3	6	7	11	13	7	2	4	6

Tablo 4. Aggregation Veri Seti için MPE-BCO ve JSBCO Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Çalıştırma İndeksi	MPE – BCO		JSBCO	
	MPE ile Bulunan Küme Sayısı	Amaç Fonksiyonu ( $J_m$ ) Değeri	JSBCO ile Bulunan Küme Sayısı	Amaç Fonksiyonu ( $J_m$ ) Değeri
1	6	1502.2617	7	1502.9480
2	5	1731.6663	7	1466.2350
3	3	2427.3602	7	1506.2454
4	7	1332.8481	7	1486.4336
5	6	1507.0792	8	1288.6918
6	5	1737.9658	7	1545.7768
7	7	1331.4982	7	1465.4474
8	6	1486.6588	7	1465.8436
9	5	1732.0810	6	1731.6657
10	6	1506.5658	7	1465.9470

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, BCO kümeleme algoritması temel alınarak, küme sayısını tahmin edebilen yeni bir JSBCO algoritması önerilmiştir. JSBCO algoritması BCO için kullanılan bir küme tahmin yöntemi olan MPE ile 6 farklı veri seti kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre elde edilen bulgular JSBCO algoritmasının küme tahmininde daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. JSBCO algoritmasının küme sayısını tahmin etmede daha kararlı davrandığı, gerçek küme sayısına yakınsayan tahminler yaptığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca küme sayısı veya özellik sayısının daha fazla olduğu veri setlerinde, JSBCO algoritması küme sayısını tahmin etmede ve yakınsama özelliğini devam ettirmede başarılı bulunmuştur. Küme sonucunu belirleyen üyelik matrisinin rastgele başlatılması ve veri büyüdükçe yüksek boyutlu verinin doğru kümeleme sonucunu bulmakta zorlanması gibi BCO algoritmasında görülen dezavantajlar JSBCO algoritmasında da mevcuttur. Ancak

önerilen yöntemin BCO algoritmanın küme sayısına göre kümeleme yapma zorunluluğunu gideren başarılı bir sistematik ortaya koyduğu açıktır. JSBCO yönteminin BCO algoritmasının diğer dezavantajlarını gideren farklı önerileri gelecek çalışması kapsamındadır.

#### Kaynakça

- Bezdek, J. C., Ehrlich, R., & Full, W. (1984). FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & geosciences*, 10, 191-203. doi: 10.1016/0098-3004(84)90020-7.
- Boydell, B., & McBratney, A.B. (2002). Identifying potential within-field management zones from cotton-yield estimates. *Precision Agriculture*, 3(1), 9-23. doi: 10.1023/A:1013318002609.
- Chang, H., & Yeung, D.Y. (2008). Robust path-based spectral clustering. *Pattern Recognition*, 41(1), 191-203. doi: 10.1016/j.patcog.2007.04.010.
- Ezugwu, A. E., Shukla, A. K., Agbaje, M.B., Oyelade, O. N.,

- José-García, A., & Agushaka, J. O. (2021). Automatic clustering algorithms: a systematic review and bibliometric analysis of relevant literature. *Neural Computing and Applications*, 33(11), 6247-6306.
- Gionis, A., Mannila, H., & Tsaparas, P. (2007). Clustering aggregation. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 1(1) 4-es. doi: 10.1145/1217299.1217303.
- Govender, P., & Sivakumar, V. (2020). Application of k-means and hierarchical clustering techniques for analysis of air pollution: A review (1980–2019). *Atmospheric Pollution Research*, 11(1), 40-56. doi: 10.1016/j.apr.2019.09.009.
- Hruschka, E. R., Campello, R. J., & Freitas, A. A (2009). A survey of evolutionary algorithms for clustering. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 39(2), 133-155. doi: 10.1109/TSMCC.2008.2007252.
- Li, Y. L., & Shen. Y. (2010). An automatic fuzzy c-means algorithm for image segmentation. *Soft Computing*, 14(2), 123-128. doi: 10.1007/s00500-009-0442-0.
- Lin, J. (1991). Divergence measures based on the Shannon entropy. *IEEE Transactions on Information Theory*, 37(1), 145-151.
- Maulik, U., & Saha, I. (2010). Automatic fuzzy clustering using modified differential evolution for image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(9), 3503-3510.
- Rahman, M. A., & Islam. M. Z. (2014). A hybrid clustering technique combining a novel genetic algorithm with K-Means. *Knowledge-Based Systems*, 71, 345-365. doi: 10.1016/j.knsys.2014.08.011.
- Schenatto, K., de Souza, E. G., Bazzi, C. L., Gavioli, A., Betzek, N. M., & Beneduzzi, H. M. (2017). Normalization of data for delineating management zones. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 238-248. doi: 10.1016/j.compag.2017.10.017.
- Veenman, C. J., Reinders, M. J. T., & Backer, E. (2002). A maximum variance cluster algorithm. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(9), 1273-1280. doi: 10.1109/TPAMI.2002.1033218.
- Wikaisuksakul, S. (2014). A multi-objective genetic algorithm with fuzzy c-means for automatic data clustering. *Applied Soft Computing Journal*, 24, 679-691. doi: 10.1016/j.asoc.2014.08.036.
- Xiao, J., Yan, Y., Zhang, J., & Tang, Y. (2010). A quantum-inspired genetic algorithm for k -means clustering. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4966-4973. doi: 10.1016/j.eswa.2009.12.017.
- Zahn, C. T. (1971). Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters. *IEEE Transactions on Computers*, 100(1), 68-86.
- Dheeru, D., & Taniskidou, E. K. (2017). UCI machine learning repository.





# PEM Yakıt Hücresi Akış Alanlarının Üç Boyutlu Modellenmesi

Hüseyin Kahraman<sup>1\*</sup>, İsmail Özgün<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3322-9904), huseyink@subu.edu.tr

<sup>2</sup> Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7829-6337), y180009014@subu.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1017474)

**ATIF/REFERENCE:** Kahraman, H. & Özgün, İ. (2021). PEM Yakıt Hücresi Akış Alanlarının Üç Boyutlu Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 65-69.

## Öz

Polimer elektrolit membran (PEM) yakıt hücreleri, çevre dostu olmaları, yüksek enerji verimlilikleri gibi avantajları sebebiyle gelecekte içten yanmalı motorlara alternatif olarak gösterilmektedir. PEM yakıt hücrelerinde bipolar plakalar üzerinde yer alan gaz akış kanalları, reaktant gazların hücre aktif alanı üzerinde dolaştırılmasını ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşan suyu hücreden atılmasını sağlamaktadır. Akış kanal tasarımı yakıt hücresi performansı açısından önemli bir yere sahiptir ve bu konuda literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmada reaktant gaz dağılımının daha homojen olduğu ve su tahliye kabiliyetinin daha iyi olduğu bir akış kanal tasarımı geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda doğadan esinlenerek bir yaprak tasarım ve murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarım modelleri literatürde sıkça karşılaşılmakta olduğumuz serpantin tasarım modeli ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma Ansys FLUENT programı kullanılarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 4 cm<sup>2</sup> aktif alana sahip olan yakıt hücresi modelleri için analizler gerçekleştirilerek sonuçlar incelenmiştir. Hücre içerisindeki aktif alan üzerindeki akım yoğunluğu ve reaksiyon sonucu oluşan suyun membran ve katot kanallarındaki dağılımları incelenmiştir. Oluşturulan bu üç tasarımın düşük akım yoğunluklarında yaklaşık olarak aynı performanslara sahip oldukları görülmüştür. Murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarımın 0,8 mA/cm<sup>2</sup> gibi yüksek akım yoğunluklarında daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Buradan murray kanununa göre oluşturulan bu yaprak tasarımın su tahliye kabiliyetinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda akış kanal uzunluğunun büyük olmasının hücre performansını kötü yönde etkilediği görülmüştür. Bu çalışmada akış kanal optimizasyonunun PEM yakıt hücrelerinin yüksek akım yoğunluğu değerlerinde su yönetiminin iyileştirilerek konsantrasyon kayıplarının azaltılmasıyla performanslarının artacağını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PEM, Yakıt Hücreleri, Akış Kanal Modellemesi.

## Three-Dimensional Modeling of PEM Fuel Cell Flow Fields

### Abstract

Polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cells have begun to attract attention due to their advantages, such as high energy efficiency and less environmental pollution. Gas flow channels located on bipolar plates in PEM fuel cells allow the distribution of reactant gas and the removal of water formed as a result of electrochemical reactions from the cell. Flow channel design has an important place in terms of fuel cell performance, and many studies on this topic are included in the literature. In this study, an attempt was made to develop a flow channel design in which the reactant gas distribution is more homogeneous and the water discharge capability is better. In this regard, a leaf design inspired by nature and leaf design models created according to murray's law have been compared with the serpentine design model, which we often encounter in the literature. The study was carried out by Computational Fluid Dynamics (HAD) method using Ansys FLUENT program. In the study, the results were examined for fuel cell models with an active area of 4 cm<sup>2</sup>. Current density and the distribution of water formed as a result of the reaction in the membrane and cathode channels were studied. These three designs were found to have approximately the same performance at low current densities. The leaf design created by Murray's law was found to perform better at high current densities such as 0.8 mA/cm<sup>2</sup>. From here, it is concluded that this leaf design, created according to murray's law, has a better ability to drain water. At the same time, large flow channel length was found to have a bad effect on cell performance. In this study, flow channel optimization showed that PEM fuel cells would improve their performance by improving water management at high current density values and reducing concentration losses.

**Keywords:** PEM, Fuel Cells, Flow Field Modeling.

\* Hüseyin Kahraman: [huseyink@subu.edu.tr](mailto:huseyink@subu.edu.tr)

## 1. Giriş

Günümüzde kullanılmakta olan petrol kökenli yakıtların yenilenebilir enerji kaynağı olmamasının yanında çevreye vermiş olduğu zarar düşünüldüğünde alternatif enerji kaynakları arayışını kaçınılmaz hale getirmektedir. Yakıt hücreleri, enerji ve çevre sorunlarına alternatif bir çözüm olarak görülmektedir. Yüksek dönüşüm verimliliği, kompakt yapıda olmaları ve emisyon problemlerinin olmaması gibi avantajları yakıt hücrelerini, içten yanmalı motorlara ve portatif uygulamalarda akülerin ve pillerin yerini alabilecek bir teknoloji haline getirmiştir. Yakıt hücresi çeşitleri arasında, proton değişim membranı (PEM) yakıt hücresi düşük çalışma sıcaklıkları ve yüksek verimleriyle daha fazla dikkat çekmektedir (Lim vd., 2020).

Bir yakıt hücresinin ana problemlerinden biri, katot reaksiyonu tarafından üretilen sudur, çünkü oksijenin gaz difüzyon katmanından katalizör yüzeyine geçişini engeller. Bununla birlikte, su oksijen akışı ile uzaklaştırılır. Ayrıca, bir PEM yakıt hücresi, elektrik güç çıkışına benzer bir miktar atık ısı üretir, böylece enerji verimliliğini yaklaşık %50 ile sınırlar (Wen vd., 2018). Bu ısı esas olarak üç nedenden dolayı üretilir: elektrokimyasal reaksiyonlar, ohmik ısıtma ve su yoğunlaşması. Yakıt hücrelerinde akış alanı tasarımı yakıt hücresinin performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Mevcut araştırma sonuçları göstermektedir ki, uygun akış alanı tasarımının yakıt hücresi performansını önemli ölçüde artırabilir aynı zamanda da reaktant gaz dağılımının da homojen olmasını buna bağlı olarak da hücre içerisinde oluşabilecek direncin de az olmasını sağlayacaktır. Bu çalışmada da daha önceki yapılmış çalışmalar doğrultusunda yakıt hücresi performansını iyileştirebilmek ve uygun akış alanı tasarımını elde etmek amacıyla sayısal modelleme yöntemiyle serpantin ve doğadan esinlenerek modellenen yaprak tasarımının karşılaştırması yapılmıştır (Anyanwu vd., 2019).

PEM yakıt hücresi akış kanalları hakkında literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Kanal genişlik ve derinliği (Wang vd., 2010), (Chang & Wu, 2015), (Cooper vd., 2016), daralankanal kesitleri ve kanallar içine eklenen engeller (Ghasabehi vd., 2021), (Shen vd., 2019), (Heidary vd., 2017), metal köpükler (Liu vd., 2020), (Zhang vd., 2021), (Bao vd., 2020), (Azarafza vd., 2019) gibi çok farklı yaklaşımlar literatürde araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmada yakıt hücrelerinde geleneksel olan serpantin tasarım ile yenilikçi bir yaklaşım ile bitki yapraklarında

bulunan damarların yakıt hücresi akış kanallarına uyarlanması ile elde ettiğimiz tasarımlar kıyaslanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Modelde Yapılan Kabuller

Bu çalışmada kullanılan yakıt hücresi modelinde aşağıdaki kabuller göz önünde bulundurulmuş analizler yapılmıştır:

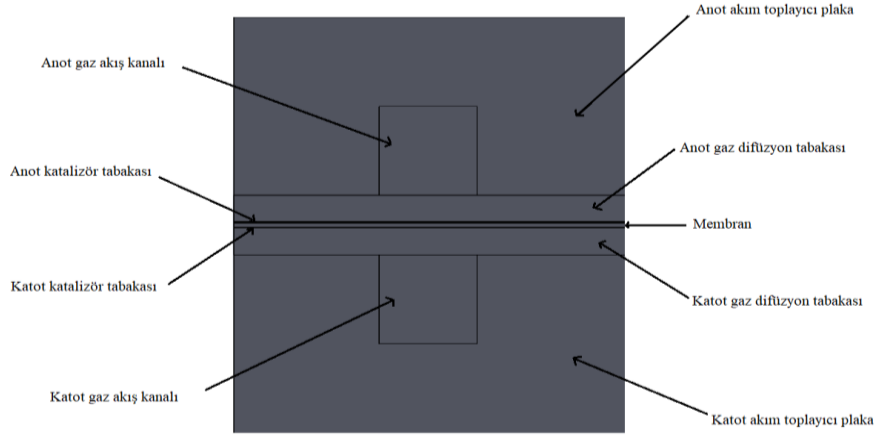
- Reaksiyona giren türler ideal gaz özelliğine sahiptir.
- Sistem kararlı yapıdadır.
- Reaktant gaz akışının laminar ve sıkıştırılmaz olduğu kabul edilmiştir.
- Membranın, katalizör ve gaz difüzyon tabakasının izotropik ve homojen olarak kabul edilir.
- Yakıt hücresi bileşenlerinde ohmik (dirençsel) potansiyel düşüş ihmal edilmiştir.

Yakıt hücrelerinde bipolar plakalar üzerinde yer alan ve reaktant gazların dağılımını, reaksiyon sonucu oluşan ürünlerin hücreden atılmasını sağlayan akış kanal tasarımları yakıt hücresi performansını etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Bu çalışmada da bu konuyla ilgili olarak serpantin tasarım, doğadan esinlenerek oluşturulan yaprak tasarım ve murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarım modeli farklı çalışma koşullarında Ansys FLUENT 19.0 ® programında analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanımı; kütle, enerji ve ısı taşınımı, elektrokimyasal reaksiyonlar ve potansiyel alanlar gibi yakıt hücresi içerisinde gerçekleşen birçok olayın bir yakıt hücresinin üretilmeden maliyetleri ortadan kaldırarak geliştirilmesini sağlar. Yapılan çalışmada yakıt hücresi modelleri belirlenen çalışma şartlarında çözümleri gerçekleştirilmiştir.

Bipolar plakalar üzerinde bulunan akış kanalı tasarımları ve yakıt hücresinin bileşenleri SOLIDWORKS CAD programı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan bu geometriler literatürde sıkça karşılaşılmış olduğumuz serpantin tasarım, doğadan esinlenerek oluşturulan yaprak tasarım ve murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarım modelinden oluşmaktadır. Şekil 1'de modellenen yakıt hücrelerine ait geometrik boyutları daha sade görebilmek amacıyla tek kanallı bir yakıt hücresi modeli üzerinde yakıt hücresinin bileşenleri gösterilmiştir. Modelde kullanılan yakıt hücresi boyutları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Modelde kullanılan yakıt hücrelerinin boyutları.

	Değer	Birim
Akım toplayıcı plaka kalınlığı	2	mm
Gaz difüzyon tabakası kalınlığı	0,3	mm
Katalizör tabakası kalınlığı	0,01	mm
Membran kalınlığı	0,05	mm
Akış kanalı genişliği	1	mm
Akış kanalı derinliği	1	mm
Yakıt hücresi toplam kalınlığı	4,67	mm
Aktif alan (serpantin tasarım)	4	cm <sup>2</sup>
Aktif alan (yaprak tasarım)	3,992	cm <sup>2</sup>



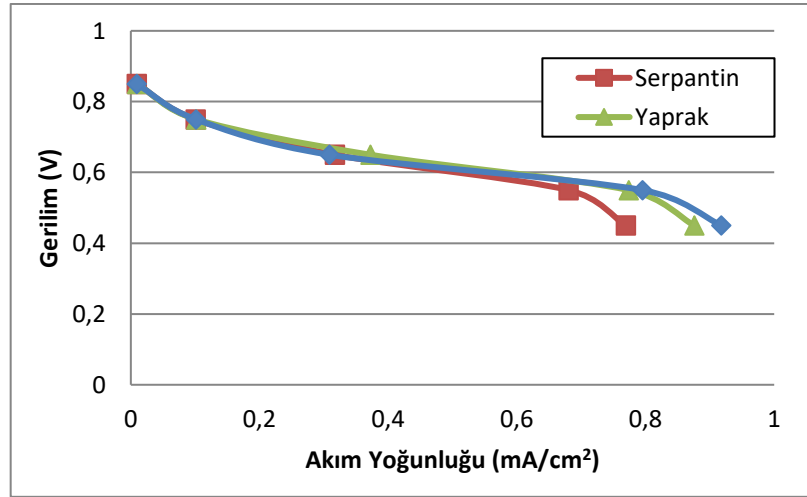
Şekil 5.1: Tek kanallı bir yakıt hücresinin şematik gösterimi.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Polarizasyon eğrileri, ideal hücre voltajına ulaşılmasına engel olan yakıt hücresi kayıplarının görülebilmesini sağlayarak hücre performansı kıyaslamada önemli bir yere sahiptir. Bir polarizasyon eğrisinde genel olarak Şekil 2.9'da gösterildiği gibi aktivasyon kayıpları, ohmik kayıplar ve konsantrasyon kayıpları olarak üç bölgede kayıplar yaşanmaktadır. Yaşanan bu kayıplarla ilgili detaylı bilgi Bölüm 2.4'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde incelenen yakıt hücresi tasarımları için üç farklı kayıp bölgesi açık olarak görülebilmektedir. Bunun yanında farklı akış kanalı tasarımları için düşük akım yoğunluklarında akış kanalı tasarımının önemli bir etkisi görülmemiştir ki bu sonuç literatürde incelenen çalışmalarla da tutarlıdır. Bunun sebebi ise reaksiyon hızlarının düşük akım yoğunluklarında düşük olması ve

buna bağlı olarak da akış kanallarındaki düşük su içeriğidir. Yüksek akım yoğunluklarında, akış kanal geometrisi, reaktant gazların dağılımını engelleyen su içeriğinin verimli bir şekilde azaltılmasında ve böylece konsantrasyon kayıplarının azaltılmasında önemli bir rol üstlenir.

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre yakıt hücresi polarizasyon eğrilerinde gerilim ile akım yoğunluğu arasındaki değişim Şekil 6.2'de görüldüğü gibi gerçekleşmiştir. Grafik değerleri belirlenen hücre voltajlarında (0,45V, 0,55V, 0,65V, 0,75V, 0,85V) ve çalışma koşullarında elde edilen sonuçları göstermektedir. Murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarım modelinin su tahliye kabiliyetinin yüksek oluşuna bağlı olarak konsantrasyon kaybının yaşandığı bölgede iyi sonuçlar vererek hücre performansında artış sağlandığı söylenebilir.



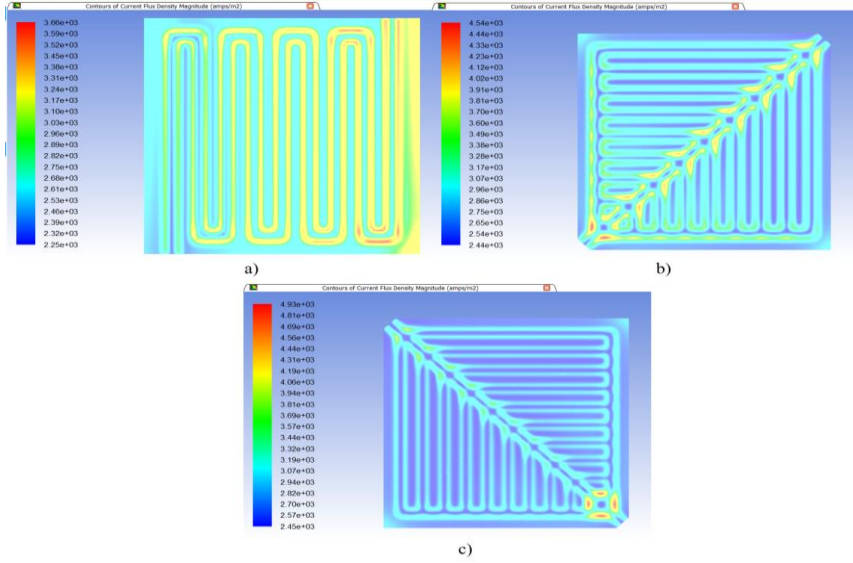
Şekil 2. Serpantin, yaprak ve murray kanuna göre oluşturulan yaprak tasarımlarının farklı hücre voltajlarında elde edilen performans verileri.

Yakıt hücresi polarizasyon eğrilerinde verilen gerilim-akım yoğunluğu arasındaki değişim, yakıt hücresinin genel olarak performansını göstermektedir. Buna rağmen katot katilözör/gaz difüzyon tabakası ara yüzeyindeki akım yoğunluğu dağılımı da incelenmiştir. Şekil 3'te incelenen yakıt hücresi tasarımlarına ait 0,75 V hücre voltajında elde edilen akım yoğunluğu dağılımları görülmektedir. Akım yoğunluğu dağılımı bir yakıt hücresinde akış kanallarının ne ölçüde sağlıklı çalıştığına önemli bir göstergesidir.

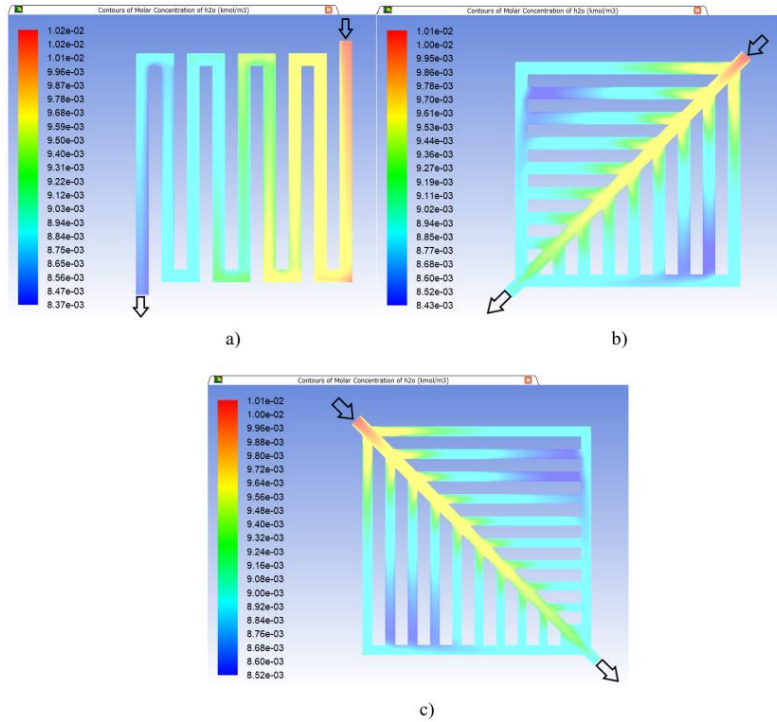
Deneysel olarak bu ölçümler oldukça maliyetli deney setleri ile ölçülebilenken, simülasyon yardımıyla maliyet ve zamandan tasarruf ederek gerçeğe yakın sonuçlar bilgisayar ortamında elde edilebilmektedir. Akım yoğunluğu dağılımının yakıt hücresi aktif alanının her yerinde homojen olması istenir. Bunu sağlanabilmesi için reaktant gazların tüm yüzey üzerinde homojen bir şekilde dağıtılması gerekmektedir. Ayrıca bilhassa katot reaksiyonu sonucu oluşan sıvı suyun da akış kanalları vasıtasıyla hücre dışına

başarılı şekilde tahliye edilmesi gerekmektedir. Aksi halde yakıt hücresi katalizör tabakası üzerinde farklı bölgelerde farklı akım yoğunlukları elde edilir. Reaksiyon hızının yüzey ortalamasından fazla olduğu bölgelerde yüksek akım üretilerek ve bölgeler arasında termal gerilimler oluşacaktır. Sıcak noktaların membran ve katalizör ömrünü azalttığı bilinen bir gerçektir. Ayrıca yüksek akım üretilen bölgelerde doğal olarak yüksek miktarda sıvı su üretilerek ve homojen olmayan bu sıvı su ürünü bir bölgede yoğunlaşarak gaz difüzyon tabakasının gözeneklerini bu bölgede dolduracaktır. Bu bölgelerdeki katalizör tanecikleri su ile

kaplanacak ve reaksiyon hızı oldukça düşecektir. Burada yakıt hücresi aktif alanı üzerinde kimyasal reaksiyonların hangi bölgelerde daha yoğun gerçekleştiği ve hangi bölgelerden daha fazla akım yoğunluğu elde edildiği görülebilmektedir. Analiz sonuçlarına dikkat edilecek olursa akım yoğunluğu dağılımı geliştirilen yaprak tasarım modellerinde daha eşit dağılıma sahipken serpantin tasarımda bu durumun aksine çıkışa doğru reaksiyonların yavaşlamasına bağlı olarak akım yoğunluğu azalmıştır.



Şekil 3. 0,75 V hücre voltajında katot katalizör/gaz difüzyon tabakası ara yüzeyindeki akım yoğunluğu dağılımları; a) serpantin tasarım, b) yaprak tasarım, c) murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarım.



Şekil 6.12: 0,75 V hücre voltajında katot kanallarındaki suyun molar konsantrasyon dağılımları; a) serpantin tasarım, b) yaprak tasarım, c) murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarım.



## 4. Sonuç

Bu çalışmada; serpantin, yaprak ve murray kanununa göre oluşturulan yaprak tasarıma sahip PEM yakıt hücresi modelleri sayısal olarak incelenmiştir. Sonuç olarak yüksek akım yoğunluğu değerlerinde doğadan esinlenerek oluşturulan modellerin hücre performansını artırdığı gözlemlenmiştir. Buradan geliştirilen modellerin su yönetimi konusunda geleneksel serpantin tasarımdan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanında reaktant dağılımları ve akım yoğunluğu dağılımlarının da hücrede eşit dağılımında sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada, murray kanununa göre oluşturulan tasarımın serpantin tasarıma kıyasla daha iyi olduğu görüldüğü halde yan kanallarda da dallanma yapısının oluşturulması ve yan kanalların bitişinde yer alan kanalın geliştirilmesinin su tahliye kabiliyetini daha da iyileştirecektir. Daha büyük aktif alana sahip yakıt hücrelerinde yan kanallardaki dallanma yapısındaki artış kanal uzunluğunu azaltacağından ve daha homojen dağılım sağlayacağından hücre performansını artıracaktır. Aynı zamanda yan kanalların bitişinde yer alan ve tüm bu yan kanallardaki oluşan suyun hücreden dışarı atılmasını sağlayan kanalın geliştirilmesi su tahliye kabiliyetini daha da artıracak buna bağlı olarak da yüksek akım yoğunluklarında yaşanan konsantrasyon kayıpları azalacaktır.

## Kaynakça

- Anyanwu, I. S., Hou, Y., Xi, F., Wang, X., Yin, Y., Du, Q., & Jiao, K. (2019). Comparative analysis of two-phase flow in sinusoidal channel of different geometric configurations with application to PEMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(26), 13807-13819. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.213>
- Azarafza, A., Ismail, M. S., Rezakazemi, M., & Pourkashanian, M. (2019). Comparative study of conventional and unconventional designs of cathode flow fields in PEM fuel cell. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116, 109420. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109420>
- Bao, Z., Niu, Z., & Jiao, K. (2020). Gas distribution and droplet removal of metal foam flow field for proton exchange membrane fuel cells. *Applied Energy*, 280, 116011. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116011>
- Chang, D.-H., & Wu, S.-Y. (2015). The effects of channel depth on the performance of miniature proton exchange membrane fuel cells with serpentine-type flow fields. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(35), 11659-11667. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.153>
- Cooper, N. J., Smith, T., Santamaria, A. D., & Park, J. W. (2016). Experimental optimization of parallel and interdigitated PEMFC flow-field channel geometry. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(2), 1213-1223. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.11.153>
- Ghasabehi, M., Ashrafi, M., & Shams, M. (2021). Performance analysis of an innovative parallel flow field design of proton exchange membrane fuel cells using multiphysics simulation. *Fuel*, 285, 119194. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119194>
- Heidary, H., Kermani, M. J., Prasad, A. K., Advani, S. G., & Dabir, B. (2017). Numerical modelling of in-line and staggered blockages in parallel flowfield channels of PEM fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(4), 2265-2277. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.10.076>
- Lim, K., Vaz, N., Lee, J., & Ju, H. (2020). Advantages and disadvantages of various cathode flow field designs for a polymer electrolyte membrane fuel cell. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 163, 120497. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120497>
- Liu, R., Zhou, W., Li, S., Li, F., & Ling, W. (2020). Performance improvement of proton exchange membrane fuel cells with compressed nickel foam as flow field structure. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(35), 17833-17843. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.04.238>
- Shen, J., Tu, Z., & Chan, S. H. (2019). Enhancement of mass transfer in a proton exchange membrane fuel cell with blockage in the flow channel. *Applied Thermal Engineering*, 149, 1408-1418. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.12.138>
- Wang, X.-D., Yan, W.-M., Duan, Y.-Y., Weng, F.-B., Jung, G.-B., & Lee, C.-Y. (2010). Numerical study on channel size effect for proton exchange membrane fuel cell with serpentine flow field. *Energy Conversion and Management*, 51(5), 959-968. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.11.037>
- Wen, D., Yin, L., Piao, Z., Lu, C., Li, G., & Leng, Q. (2018). Performance investigation of proton exchange membrane fuel cell with intersectant flow field. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 121, 775-787. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.01.053>
- Zhang, G., Bao, Z., Xie, B., Wang, Y., & Jiao, K. (2021). Three-dimensional multi-phase simulation of PEM fuel cell considering the full morphology of metal foam flow field. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(3), 2978-2989. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.05.263>



# Effects of Color Space Transformations on Classification Performance of Sperm Morphology

Mecit Yuzkat<sup>1\*</sup>, Hamza Osman Ilhan<sup>1</sup>, Nizamettin Aydin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics, Department of Computer Engineering, Istanbul, Turkey,  
(ORCID: 0000-0003-4808-5181), [myuzkat@yildiz.edu.tr](mailto:myuzkat@yildiz.edu.tr)  
(ORCID: 0000-0002-1753-2703), [hoilhan@yildiz.edu.tr](mailto:hoilhan@yildiz.edu.tr)  
(ORCID: 0000-0003-0022-2247), [naydin@yildiz.edu.tr](mailto:naydin@yildiz.edu.tr)

(5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1013341)

**ATIF/REFERENCE:** Yuzkat, M., Ilhan, H. O., & Aydin, N. (2021). Effects of Color Space Transformations on Classification Performance of Sperm Morphology. *European Journal of Science and Technology*, (29), 70-75.

## Abstract

Infertility is defined by the World Health Organization as the inability of a woman to become pregnant even though the couple had sexual intercourse for one year without any protection. Male and/or female factors might be the reasons for infertility. When diagnosing the male factors, sperm specimens are analyzed in a laboratory environment under certain conditions. The morphological abnormality, characteristic motility and concentration of sperm are examined in the analysis called spermiogram. Spermiogram tests can be done manually by doctors, as well as by using computer-assisted sperm analyzing systems. The importance of computer aided analysis is increasing day by day because visual inspection can give different results from person to person and is costly. In this study, the effect of different color spaces as a preprocessing step is investigated to increase the classification performance of a computer based analyzing approach for sperm morphology. Three sperm morphology data sets abbreviated as SMIDS, HuSHeM and SCIAN-Morpho were used in the experimental tests. Data augmentation was applied on the data sets due to the unbalanced distribution of sperm images among the classes and insufficient data. Then, data sets were converted to two well-known color spaces, LAB and HSV to observe the effects of color space in the classification. MobileNetV2 was utilized as the classification model. In order to indicate the effects of color spaces, results were compared with previously published study where no color transform was implemented. The classification of images in LAB and HSV color spaces had better results than RGB images trained under the same conditions. The maximum classification accuracies of 89%, 85% and 68% were obtained for SMIDS, HuSHeM, SCIAN-Morpho data sets by using the color space transform idea, respectively.

**Keywords:** Deep Learning, MobileNetV2, Computer Aided Sperm Analysis, Morphological Analysis, Color Space Transform.

## Renk Uzayı Dönüşümlerinin Sperm Morfolojisinin Sınıflandırma Performansına Etkisi

### Öz

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre kısırlık; çiftlerin herhangi bir koruma olmaksızın bir yıl boyunca cinsel ilişkiye girmelerine rağmen gebeliğin oluşmama durumu olarak tanımlanır. Kısırlığın nedeni erkek ve/veya kadın faktörleri olabilir. Erkek faktörlerin teşhisinde, laboratuvar ortamında belirli koşullar altında sperm hücrelerinin analizi yapılır. Spermiyogram adı verilen analizde sperm morfolojik anormallığı, karakteristik motilitesi ve konsantrasyonu incelenir. Spermiogram testleri doktorlar tarafından manuel olarak yapılabileceği gibi bilgisayar destekli sperm analiz sistemleri kullanılarak da yapılabilmektedir. Görsel incelemenin kişiden kişiye farklı sonuçlar vermesi ve maliyetli olması nedeniyle bilgisayar destekli analizlerin önemi her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, sperm morfolojisi için bilgisayar tabanlı bir analiz yaklaşımının sınıflandırma performansını artırmak için bir ön işleme adımı olarak farklı renk uzaylarının etkisi araştırılmıştır. Deneysel testlerde SMIDS, HuSHeM ve SCIAN-Morpho olarak kısaltılan üç sperm morfolojisi veri seti kullanılmıştır. Sperm görüntülerinin sınıflar arasındaki dengesiz dağılımı ve yetersiz veri nedeniyle veri setleri üzerinde veri artırma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, renk uzayının sınıflandırmadaki etkilerini gözlemlemek için veri setleri çok iyi bilinen iki renk uzayı olan LAB ve HSV formatlarına dönüştürülmüştür. Sınıflandırma modeli olarak MobileNetV2 kullanılmıştır. Renk uzaylarının etkilerini göstermek için sonuçlar, renk dönüşümünün uygulanmadığı daha önce yayınlanmış çalışma ile karşılaştırılmıştır. LAB ve HSV renk uzaylarında görüntülerin sınıflandırılması, aynı koşullar altında eğitilmiş RGB görüntülerinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Renk uzayı dönüşümleri kullanılarak SMIDS, HuSHeM, SCIAN-Morpho veri setleri için sırasıyla %89, %85 ve %68 maksimum sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Derin Öğrenme, MobileNetV2, Bilgisayar Destekli Sperm Analizi, Morfolojik Analiz, Renk Uzayı Dönüşümleri.

\* Corresponding Author: Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics, Department of Computer Engineering, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0003-4808-5181, [myuzkat@yildiz.edu.tr](mailto:myuzkat@yildiz.edu.tr)

## 1. Introduction

Today, the rate of infertile couples is increasing due to environmental, genetic and many other unknown factors. The ratio of only male related factors is 30% of all infertility cases, while 40% of infertility problems have occurred because of male and female based factors together (Agarwal et al. 2015; Pillai and McEleny, 2021). Therefore, the diagnosis of male based problems has a critical impact on the diagnosis of infertility. Sperm specimens are taken and examined under the microscopes in the laboratories for the determination of the male factors. This test is called spermiogram that can be performed by Visual Assessment (VA) technique or using Computer-Assisted Sperm Analysis (CASA) systems. The results of analysis in VA depend on the experience of the assessor/observer, but CASA systems report more objective results because of utilizing the computer based algorithms (Rijsseleere et al., 2012). Additionally, CASA systems are more advantageous than visual evaluation due to utilizing the high image processing techniques reporting the result with more sensitivity, repeatability and practicality (Shi, 2011; Gallardo Bolaños, 2012). Three important features of the sperm as the morphology, motility and concentration are the key parameters to focus in the spermiogram tests. Among these features, the morphological abnormality of the sperm is the best indicator for male factor based infertility problems (Van der Merwe et al., 2005).

There are many studies that have been carried out in the literature on the analysis of sperm morphology in recent years. One of these studies is morphological classification of sperm images using a dictionary learning method and Support Vector Machine (SVM). The authors used two differently arranged data sets namely HuSHeM and SCIAN-MorphoSpermGS in their studies. Classification accuracies were measured as 92% and 62% accuracies for HuSHeM and SCIAN-MorphoSpermGS datasets by using the SVM classifier based dictionary learning approach, respectively. However, automatic classification was not performed in this study. Instead of using the original images in the HuSHeM data set, they manipulated images by applying pre-processes such as cropping and changing the direction (Shaker et al., 2017).

In another study, the researchers established a gold standard for classification of the SCIAN-MorphoSpermGS data set. They used three different shape-based descriptors (Hu moments, Zernike moments, Fourier) as well as four supervised learning methods (K-Nearest Neighbors, Naive Bayes, Decision Trees and SVM) to create the standard. None of these approaches appeared to overcome the sperm head classification problem. The optimal result was obtained as 49% using the Fourier descriptor and SVM (Chang et al., 2017).

Riordon et al. obtained 94% and 62% accuracies for HuSHeM and SCIAN-MorphoSpermGS data sets, respectively, by modifying the VGG16 network. In their work, similar to Shaker (Shaker et al., 2017), they manually manipulated images such as cropping and rotating before classification. Therefore, the proposed classification approach is not fully automatic. (Riordon et al., 2019).

Yüzkat et al. applied various interpolation and data augmentation methods to increase the classification performance of the SCIAN-MorphoSpermGS data set. Then, 62% classification accuracy was achieved by using a modified VGG-

19 network (Yüzkat et al., 2020). In a more recent study, they presented a fully automated analyzing approach for classifying sperm images. In their study, they created six CNN models and combined the results of the models with fusion methods (hard and soft). They obtained 90.73%, 85.18% and 71.91% accuracy for the SMIDS, HuSHeM and SCIAN-MorphoSpermGS datasets, respectively (Yüzkat et al., 2021).

In another fully automatic classification approach for sperm images, Ilhan et al. initially implemented a special preprocessing approach to SMIDS and HuSHeM data sets. They used an automated preprocessing technique called as directional masking which had been published in (Ilhan et al., 2019). After applying the directional masking technique on images, they extract the SURF and MSER descriptive features of the preprocessed images. Then, extracted features are classified by SVM. They increased their previous success rate for SMIDS from 84% to 86%. For HuSHeM, they achieved an accuracy of 85% (Ilhan et al., 2020a).

Ilhan et al. used MobileNetV2 in another study similar to this study. But instead of using MobileNetV2 as a pretrained network, they retrained the network from the stretch by using SMIDS. By applying different data augmentation techniques, they have reached 87% accuracy. The disadvantage of the work is that it takes a lot of time to train such a large network from the stretch (Ilhan et al., 2020b).

In order to investigate the mobile platform based pre-trained network performances for the classification of sperm images, Tortumlu and Ilhan, compared the classification performances of MobileNet V1 and V2 over three sperm morphology data sets (Tortumlu and Ilhan, 2020). They achieved 77%, 88% and 67% classification accuracies for HuSHeM, SMIDS and SCIAN-Morpho GS datasets, respectively.

In this study, we aimed to increase the classification performance of the mobile platform based network, MobileNetV2. In the previously published study (Tortumlu and Ilhan, 2020), classification was made using RGB formatted sperm images. In the presented study, we investigated the effect of different color spaces in which the morphology of sperm images appear more distinctive in the classification. We converted the RGB format images used in the published study into two different image spaces as LAB and HSV. We classified these images using the MobileNetV2 network and compared them with the previous work.

## 2. Material and Method

In the previously published study (Tortumlu and Ilhan, 2020), mobile platform-based networks, MobileNetV1 and MobileNetV2, were applied to three original formats of data sets. MobileNetV2 was defined as the most successful network according to the obtained results. In this regard, MobileNetV2 is utilized in this study as a classifier to investigate the effect of color space conversion preprocess over the classification performance of sperm images. The fine-tuning procedure of MobileNetV2 has been performed to LAB and HSV formats instead of RGB formats of the three data sets. Within the scope of this study; epoch numbers, data augmentation sizes and other parameters were selected the same way as in the previously published study. The general flowchart of the presented study is demonstrated in Figure 1.

Our study was carried out with MATLAB 2020a (MATLAB, 2020) on the Windows Operating System (Version 10). NVIDIA Geforce GTX 970 was used to speed up training

times. In addition to the GPU module, 8 GB of local ram and Intel i5 CPU with 3.2 GHz processing speed were also used on the test platform.

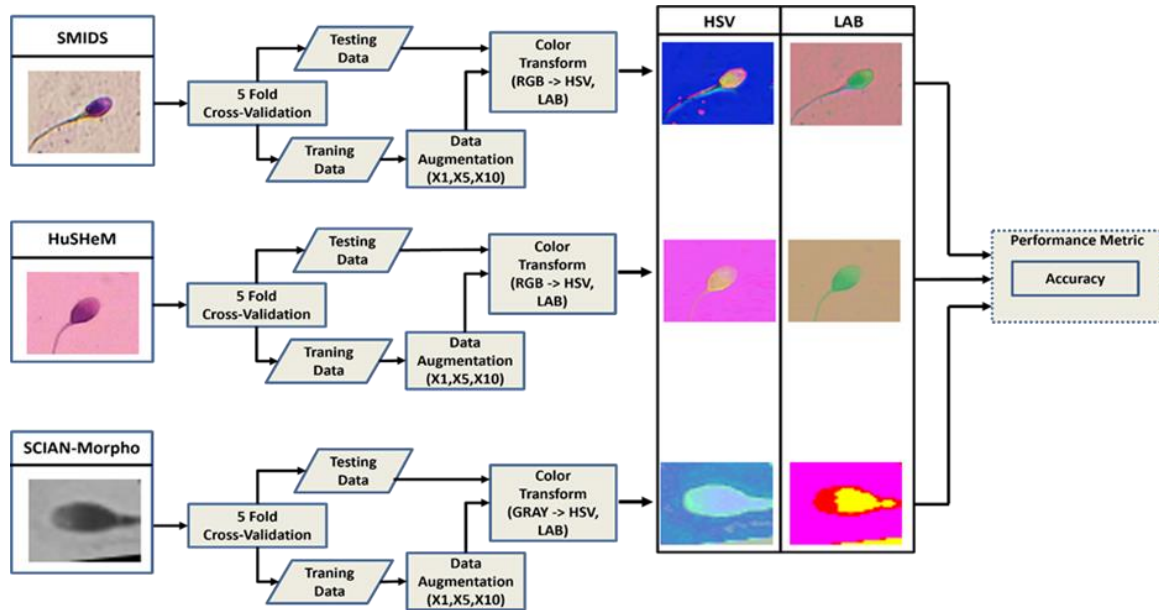


Figure 1. Flowchart of the study

## 2.1. Data Set Information

Three data sets, SMIDS (Sperm Morphology Image Data Set), HuSHeM (Human Sperm Head Morphology) and SCIAN-MorphoSpermGS, were used in this study. SMIDS and HuSHeM datasets are obtained in RGB color space. On the other hand, the

images in the SCIAN-MorphoSpermGS dataset are in grayscale monochromatic format. The image distributions per class of the data sets are given in Figure 2.

SMIDS			HuSHeM			SCIAN-Morpho		
Labels	# of images	Example	Labels	# of images	Example	Labels	# of images	Example
Normal	1021		Normal	54		Normal	100	
Abnormal	1005		Tapered	53		Tapered	228	
Non-Sperm	974		Pyriform	57		Pyriform	76	
			Amorphous	52		Small	72	
						Amorphous	656	
<b>Total</b>	<b>3000</b>		<b>Total</b>	<b>216</b>		<b>Total</b>	<b>1132</b>	

Figure 2. The image and class distribution of data sets

The images in the SMIDS are equally distributed into three classes as Normal, Abnormal, and Non-Sperm. The HuSHeM data set has four classes: Normal, Tapered, Pyriform and Amorphous. Although the image distribution between classes is balanced, the total number of images is insufficient for a deep learning based classification approach. Lastly, The SCIAN-MorphoSpermGS data set has 5 classes: Normal, Tapered, Pyriform, Small and Amorphous. The distribution of images over classes is not balanced in this data set. For example, 656 images

are labelled as the amorphous class, while the small class has only 72 images. In order to create the training and test sets, K-Fold Cross validation schema was used where the K is assigned as 5. In this regard, 2400, 171, 906 images are located in the training set of SMIDS, HuSHeM, and SCIAN-Morpho data sets, respectively. Rest of the images (600, 45 and 226) are reserved for the test set. According to the implementation of K-Fold Cross Validation technique, images are rotated to create new sets for each fold. Therefore the test accuracy reflects the classification



performance of the dataset. In addition, data augmentation processes were carried out in the training set of these data sets.

**2.2. Data Augmentation and Epoch Size Analysis**

In the classification problems by deep learning techniques, having enough data allows the training phase to be better (Lee et al., 2017). Using the different variations of the images in the training phase of the model eliminates the memorizing effect in the classification of the test set. These variations can be generated by using the data augmentation techniques such as resizing, scrolling, scaling, cropping etc. While augmenting the data, the parameters of the augmentation techniques are carefully selected in order not to deform the original sperm images and mislead the classification output. For example, with improperly applied data augmentation techniques, normal sperm images may be perceived as abnormal. As an illustration of the implemented data augmentation types, six data augmentation processes applied on the same images for three datasets are given in Figure 3. These operations are a) height shift + shear, b) horizontal flip + zoom, c) width shift + height shift, d) horizontal flip + height shift, e) rotation, f) height shift. To avoid distortion of images, zooming, cropping, and panning were limited to 10%, 5%, and 15% of the original image sizes for all three data sets, respectively. Besides the original datasets (nominated as X1),

two scales of augmentation have been applied as X5 and X10 which indicate the 5 and 10 times augmented datasets.

Additionally, preliminary tests were performed by applying different epoch and mini batch sizes with different activation functions. As a result of these tests, the parameters giving the best accuracy values were determined. While determining these parameters, we tested the values frequently used in the literature. For example, while determining the minibatch size, we used 4, 8, 16, 32 mini batch sizes in our previous study (Yüzkat et al., 2021), and we generally achieved the best result by using 8 for each data set. In this study, we set the minibatch parameter to 8 according to our preliminary tests. In terms of activation function, Adam was used in the experimental tests similar to the previous study (Tortumlu and Ilhan, 2020).

We also researched the positive effect of the different epoch sizes used in the training phase on the classification. High epoch sizes (training phase iteration steps) can cause greater processing time requirements as well as an overfitting problem. Low epoch sizes may cause the network not to train fully. For this reason, training was carried out with epoch sizes of 10, 30 and 50 to observe the effect of epoch sizes on the classification performances.

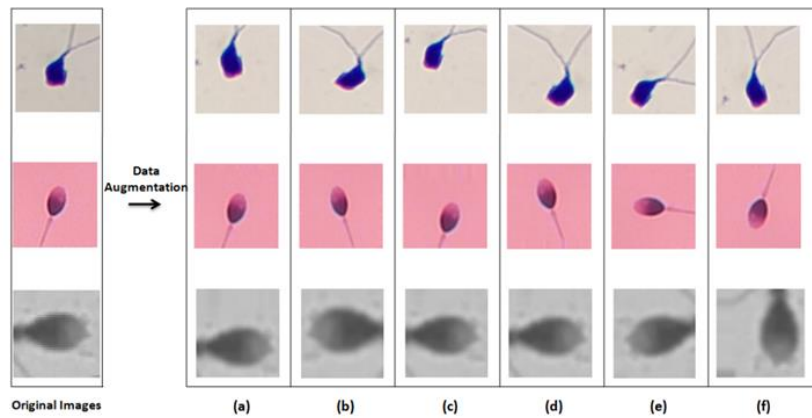


Figure 3. Data augmentation techniques applied for each data set

**2.3. Mobile Platform Based Convolutional Neural Network**

In this study, the classification performance of one of the mobile platform based convolutional neural network models, MobileNetV2, was evaluated over three sperm morphology data sets. MobileNetV2 is a lightweight network and used in terms of transfer learning idea in this study. We modified the classification layer according to the class structure of the utilized data sets, using a basic convolution layer and a Softmax classifier layer. Then, we applied the model to different sized data sets using the Adam optimizer. The main reason for using

MobileNetV2 is that it is more suitable for non-computer mobile applications and gives better results than other models such as MobileNetV1, InceptionV3, DenseNet121 (Sandler et al., 2018; Xiang et al., 2019). The main criterion in the evaluation will be to ensure the highest accuracy and minimum time complexity in classification. LAB and HSV color space conversion have been performed as a preprocessing step in order to observe the effects of different color spaces in the classification performances. The training parameters of the MobileNetV2 network are set according to Table 1.

Table 1. Parameters used in the study

Parameter Name	Configuration
Batch Size	8
Optimizer	Adamax
Learning Rate	0.0001
Augmentation Sizes	X1 (Original Data), X5, X10
Epoch Sizes	10, 30, 50

### 2.4. Color Space Transform

In the field of image processing, especially in image segmentation, the use of different color spaces has produced results with different accuracy. Therefore, many researches have been performed about the selection of the appropriate color space in image processing. Generally, LAB and HSV are the two most important color spaces chosen (Bora et al., 2015). Made a performance comparison between these two color spaces for image segmentation. They used parameters such as Mean-Square Error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) to measure the accuracy of their performance. In their study, they stated that the HSV color space outperformed LAB. In our study, RGB-formatted SMIDS, HuSHeM data sets were converted to LAB and HSV formats. In addition, the SCIAN-Morpho data set in grayscale format was converted to LAB and HSV. Then, these data sets were classified by using MobileNetV2 under the same conditions as in the previously published study (Tortumlu and Ilhan, 2020).

### 3. Results and Discussion

The classification performance of MobileNetV2 was measured over different data augmentation scales of original

Table 2. Comparison of accuracy values on data sets of two studies ( RGB->HSV )

Aug/Epo	MobileNetV2 (Tortumlu and Ilhan, 2020) (RGB Format)									MobileNetV2 (Results of Our Study) (HSV Format)								
	HuSHeM			SMIDS			SCIAN			HuSHeM			SMIDS			SCIAN		
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
X1	38	44	39	84	85	84	48	54	59	67	74	72	85	86	85	65	64	65
X5	62	73	75	85	<b>87</b>	87	54	62	62	78	80	71	88	87	88	67	<b>68</b>	67
X10	72	<b>77</b>	77	86	86	87	65	<b>66</b>	66	81	<b>81</b>	78	88	<b>88</b>	87	66	65	66

Table 3. Comparison of accuracy values on data sets of two studies ( RGB->LAB )

Aug/Epo	MobileNetV2 (Tortumlu and Ilhan, 2020) (RGB Format)									MobileNetV2 (Results of Our Study) (LAB Format)								
	HuSHeM			SMIDS			SCIAN			HuSHeM			SMIDS			SCIAN		
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
X1	38	44	39	84	85	84	48	54	59	76	76	75	87	88	86	60	62	63
X5	62	73	75	85	<b>87</b>	87	54	62	62	80	<b>85</b>	85	89	<b>89</b>	88	65	64	62
X10	72	<b>77</b>	77	86	86	87	65	<b>66</b>	66	82	84	83	89	89	88	64	<b>65</b>	62

When both tables are examined, the best results are obtained when 30 epochs were used in the training. In other words, faster and higher results can be obtained by using 30 epochs without waiting more time for 50 epochs. Additionally, models seem overfitting when training is set to 50 epochs especially for HSV converted HuSHeM and LAB converted SCIANMorphoSpermGS datasets.

When comparing the classification performance of converted datasets to original forms (RGB), higher accuracy rates were achieved in both HSV and LAB color spaces than RGB data sets. The highest accuracy values for HuSHeM and SMIDS were obtained as 85% and 89% after the LAB color space conversion preprocess, respectively. For the SCIAN data

sets. Additionally, several epoch sizes were utilized in the training phase of the network to achieve the maximum accuracy. In the previously published study, while all three data sets were given as input to mobile networks, 3-channel RGB color space format was used. In our study, the classification results of HSV and LAB color space converted data sets were compared with the results of the RGB color space used in the previously published study (Tortumlu and Ilhan, 2020). The classification performance results are given in Table 2 and 3 for the images converted from RGB to HSV and LAB, respectively.

According to Table 2 and Table 3, the classification performances obtained for the augmented data sets (X5 and X10) are higher than the original (X1) data sets in terms of both HSV and LAB conversion. The highest classification success after HSV conversion was obtained as 81%, 88% and 68% accuracy rates for HuSHeM, SMIDS and SCIANMorphoSpermGS datasets, respectively. In the classification of LAB converted images, maximum performances as 85%, 89% and 65% accuracy rates were obtained for HuSHeM, SMIDS and SCIANMorphoSpermGS datasets.

set, the maximum accuracy was measured as 68% in the classification of HSV converted images. Thus, HuSHeM and SMIDS are better classified in the LAB color space, while SCIAN is better classified in the HSV color space.

### 4. Conclusions and Recommendations

The number of male-based infertility is increasing day by day. Today, CASA systems are very popular in sperm analysis because of eliminating the variability problem between the observers in traditional visual analysis. However, many laboratories can not afford those systems due to high costs. Additionally, these systems do not provide a fully automated analysis. Therefore, instead of using compact CASA systems,

different image processing based studies have been performed to create more reasonable solutions. In the presented study, three publicly available sperm morphology data sets abbreviated as SMIDS, HuSHeM and SCIAN-Morpho were aimed to classify with the high accuracy rates. These data sets were augmented by applying different data augmentation processes due to the lack of data. Then, the SMIDS and HuSHeM datasets were converted from RGB color spaces to LAB and HSV. The SCIAN-MorphoSpermGS data set was converted from grayscale. The classification performance of one of mobile platform based convolutional neural networks, MobileNetV2, has been measured over the color converted data sets in order to observe the color conversion effect on the classification. Different epoch and augmented sizes were also tested. As a result, using MobileNetV2 in the classification of images with HSV and LAB color space resulted in higher accuracies than RGB color space images. The obtained accuracy differences are 8%, 2%, and 2% for HuSHeM, SMIDS, and SCIAN-Morpho data sets, respectively.

The disadvantage of our study was that we could not achieve sufficient success in the SCIAN-Morpho data set. In our next work, we will use different color spaces in addition to HSV and LAB. We intend to obtain new results by training the data sets to be obtained separately with different deep learning networks. It will be to use the multiple results to be obtained with fusion methods for more stable classification. Thus, in our study, we aim to achieve sufficient classification success in the SCIAN-Morpho data set and to increase the success rates obtained in the SMIDS and HuSHeM data sets.

## References

- Agarwal, A., Mulgund, A., Hamada, A., & Chyatte, M. R. (2015). A unique view on male infertility around the globe. *Reproductive biology and endocrinology*, 13(1), 1-9.
- Bora, D. J., Gupta, A. K., & Khan, F. A. (2015). Comparing the performance of L\* A\* B\* and HSV color spaces with respect to color image segmentation. *arXiv preprint arXiv:1506.01472*.
- Chang, V., Garcia, A., Hirschfeld, N., & Härtel, S. (2017). Gold-standard for computer-assisted morphological sperm analysis. *Computers in biology and medicine*, 83, 143-150.
- Gallardo Bolaños, J. M., Miró Morán, Á., Balao da Silva, C. M., Morillo Rodríguez, A., Plaza Dávila, M., Aparicio, I. M., ... & Peña, F. J. (2012). Autophagy and apoptosis have a role in the survival or death of stallion spermatozoa during conservation in refrigeration. *PloS one*, 7(1), e30688.
- Ilhan, H. O., Serbes, G., & Aydin, N. (2019). Automatic directional masking technique for better sperm morphology segmentation and classification analysis. *Electronics Letters*, 55(5), 256-258.
- Ilhan, H. O., Serbes, G., & Aydin, N. (2020a). Automated sperm morphology analysis approach using a directional masking technique. *Computers in Biology and Medicine*, 122, 103845.
- Ilhan, H. O., Sigirci, I. O., Serbes, G., & Aydin, N. (2020b). A fully automated hybrid human sperm detection and classification system based on mobile-net and the performance comparison with conventional methods. *Medical & biological engineering & computing*, 58(5), 1047-1068.
- Lee, J. G., Jun, S., Cho, Y. W., Lee, H., Kim, G. B., Seo, J. B., & Kim, N. (2017). Deep learning in medical imaging: general overview. *Korean journal of radiology*, 18(4), 570-584.
- MATLAB Version 9.8.0.1323502 (R2020a), The Mathworks, Inc., Natick, Massachusetts (2020)
- Pillai, R. N., & McEleny, K. (2021). Management of male infertility. *Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine*.
- Rijsselaere, T., Van Soom, A., Maes, D., & Nizanski, W. (2012). Computer-assisted sperm analysis in dogs and cats: An update after 20 years. *Reproduction in Domestic Animals*, 47, 204-207.
- Riordon, J., McCallum, C., & Sinton, D. (2019). Deep learning for the classification of human sperm. *Computers in biology and medicine*, 111, 103342.
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L. C. (2018). Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4510-4520).
- Shaker, F., Monadjemi, S. A., Alirezaie, J., & Naghsh-Nilchi, A. R. (2017). A dictionary learning approach for human sperm heads classification. *Computers in biology and medicine*, 91, 181-190.
- Shi, X. D., Bi, H. J., Fu, H. L., Li, L. Y., Liu, D. K., & Li, J. M. (2011). Effect of low-dose fenvalerate on semen quality capacitation in adult mice. *Chinese medical journal*, 124(10), 1529-1533.
- Tortumlu, O. L., & Ilhan, H. O. (2020, November). The Analysis of Mobile Platform based CNN Networks in the Classification of Sperm Morphology. In *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- Van der Merwe, F. H., Kruger, T. F., Oehninger, S. C., & Lombard, C. J. (2005). The use of semen parameters to identify the subfertile male in the general population. *Gynecologic and obstetric investigation*, 59(2), 86-91.
- Xiang, Q., Wang, X., Li, R., Zhang, G., Lai, J., & Hu, Q. (2019, October). Fruit image classification based on Mobilenetv2 with transfer learning technique. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Science and Application Engineering* (pp. 1-7).
- Yüzkat, M., Ilhan, H. O., & Aydin, N. (2020, November). Morphological Classification of Low Quality Sperm Images Using Deep Learning Networks. In *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- Yüzkat, M., Ilhan, H. O., & Aydin, N. (2021). Multi-Model CNN Fusion for Sperm Morphology Analysis. *Computers in Biology and Medicine*, 104790. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104790>



# Multi-Compartmental Modeling for Extracellular Stimulation of Neocortex

Mahmut Emin Çelik

Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Electronics Engineering, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-1766-5514)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1013879)

**ATIF/REFERENCE:** Celik, M.E. (2021). Multi-Compartmental Modeling for Extracellular Stimulation of Neocortex. *European Journal of Science and Technology*, (29), 76-80.

## Abstract

**Aim:** To explore the natural origin and changing behavior of neural responses depending on varying conditions, computational modeling of single-neuron or cluster of neurons using multi-compartmental models can provide very consistent predictions integrating with experimental work. Neural electrodes are fundamental therapeutic and diagnostic tools for a large variety of conditions. Understanding, individually or together neuronal responses, is critical for therapeutic and diagnostic techniques while dealing with certain neuropathies like Epilepsy or Parkinson's. The electrodes with different sizes and materials are the only way to interface the nervous system when it is needed to restore sensory or motor functions somehow.

**Material Method:** Multi-compartmental neuron model is prepared by using a neuron with 3D realistic morphology from the neocortex. It is analyzed to see neurons' response to extracellular stimulation using a point source situated in two different locations, one at a time. Ideal conditions are considered for the point source. NEURON v8.0 is used for simulations. The stimulation pulse width, frequency, and amplitude are 1 ms, 20 Hz, and 250 nA respectively.

**Results:** It is seen that the extracellular voltage profile is as expected, then it shifts towards where the stimulation electrode is moved. Closer neural compartments are better targets to generate action potential first. The effect of extracellular stimulation decreases as it moves from the source, but other compartments that are relatively in distance can also generate an action potential in several milliseconds after stimulation onset.

**Conclusion:** Findings confirm multi-compartmental models are well-suited to predict neuronal responses. Different numbers and types of neurons' responses can be examined together with a complex realistic morphology. Parameters related to experimental conditions, like stimulation and recording, can also be analyzed.

**Keywords:** computational modeling, neuron model, Hodgkin Huxley, neuroscience, stimulation, electrode

## Neokorteksin Hücre Dışı Uyarılmasına Yönelik Çok Bölmeli Modelleme

### Öz

**Amaç:** Değişen koşullara bağlı olarak nöral yanıtların doğal kökenini ve değişen davranışını araştırmak için, çok bölmeli modeller kullanarak tek nöron veya nöron kümesinin hesaplamalı modellemesi, deneysel çalışma ile bütünleşen çok tutarlı tahminler sağlayabilir. Nöral elektrotlar, çok çeşitli koşullar için temel terapötik ve teşhis araçlarıdır. Epilepsi veya Parkinson gibi belirli nöropatilerle uğraşırken, tek tek veya birlikte nöronal tepkileri anlamak, terapötik ve tanısal teknikler için kritik öneme sahiptir. Farklı boyut ve malzemelere sahip elektrotlar, duyuşsal veya motor işlevlerin bir şekilde yeniden sağlanması gerektiğinde sinir sistemiyle arayüz oluşturmanın tek yoludur.

**Gereç Yöntemi:** Neokorteksten alınan 3B gerçekçi morfolojiye sahip bir nöron kullanılarak çok bölmeli nöron modeli hazırlanır. Her seferinde bir tane olmak üzere iki farklı yerde bulunan bir nokta kaynağı kullanılarak nöronların hücre dışı uyarıma tepkisini görmek için analiz edilir. Nokta kaynak için ideal koşullar göz önünde bulundurulur. NEURON v8.0 simülasyonlar için kullanılır. Stimülasyon darbe genişliği, frekansı ve genliği sırasıyla 1 ms, 20 Hz ve 250 nA'dır.

**Bulgular:** Hücre dışı voltaj profilinin beklendiği gibi olduğu, ardından stimülasyon elektrotunun hareket ettiği yere doğru kaydığı görüldü. Daha yakın nöral bölmeler, önce aksiyon potansiyeli oluşturmak için daha iyi hedeflerdir. Kaynaktan hareket ettikçe hücre dışı stimülasyonun etkisi azalır, ancak nispeten uzakta olan diğer kompartmanlar da stimülasyonun başlamasından birkaç milisaniye sonra bir aksiyon potansiyeli oluşturabilir.

**Sonuç:** Bulgular, çok bölmeli modellerin nöronal tepkileri tahmin etmek için çok uygun olduğunu doğrulamaktadır. Farklı sayı ve tipteki nöronların tepkileri, karmaşık bir gerçekçi morfoloji ile birlikte incelenebilir. Stimülasyon ve kayıt gibi deneysel koşullarla ilgili parametreler de analiz edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** işlemsel modelleme, nöron modeli, Hodgkin Huxley, sinirbilim, uyarım, elektrot.



# 1. Introduction

Neurological disorders have many adverse effects for patients' social life. Micro electrodes are widely used for both therapeutic approaches and diagnostic techniques. Either relatively large electrodes, around 10 mm<sup>2</sup> to 0.3 mm<sup>2</sup> surface area, for monitoring of Epilepsy and local field potential resulted from deep brain stimulation for the motor symptoms of Parkinson's disease or microelectrodes for single neuron activity are clinically used to probe large number of neurons activity within the brain [1-3]. They are also critical elements for brain-machine interfaces to monitor sensory, motor and cognitive functionality with high resolution in cellular scale [4-9].

Experimental studies suffer from getting useful information when electrodes aren't situated near the targeted cells. It is reported that electrode arrays with low number of channels are not qualified for clinical use because of tissue damage, body reaction and inability to reach neurons within 100 μm distance [7-11]. In clinical treatments, advancing from macro-scoping scale, in mm, to micro scale in order to obtain advanced approaches by precisely, even selectively, reaching small neuron populations is the current challenge. Moreover, it is not clear how electrodes with various shapes and dimensions perform to monitor unit or ensemble activity, which limits understanding of cellular level mechanisms and capabilities of developed systems [12-14].

To increase the efficiency of experimental work and to investigate natural origin of the neural signals, computational modeling approaches offer powerful advantages in terms of predicting neural activity accurately. It has a potential for technological improvements by optimizing either electrode design parameters or experimental settings.

Moffitt and McIntyre mimicked single unit activity from brain surface using multi compartmental model and resulted that model neuron was consistent with experimental recording, also predicted well signal amplitude for encapsulation and coating [6]. Other studies showed that electrodes with certain shapes might be more selective [15]. Together with volume conductor models, it was reported that central nervous system stimulation triggers axons of local cells at similar thresholds when conventional stimuli were used, which also affect pre and post-synaptic

elements [16]. Another study showed that model predictions were confirmed by experimental work for asymmetric waveforms [17].

In this work, a neuron from neocortex region in the brain with realistic morphology is used to determine how it reacts to extracellular stimulation from different locations, 50 μm away from the bottom and top of the neuron. Multi-compartmental neuron model is prepared using NEURON. An ideal point source is used as stimulation electrode with step currents. Extracellular voltages of the compartments in y direction of the neuron are consistent with stimulation electrode locations.

# 2. Material and Method

## 2.1. Computational Modeling

Neurons are formed by many number and types of ions and molecules with positive or negative charges. Mostly, intracellular space is negatively charged while in the end opposite ions moves to both sides of cell membrane. Cell membrane behaves like a capacitor with its insulating feature because of being impermeable to most molecules. Besides, many ion-conducting channels are also embedded, its density and type determines membrane conductance. A cell may include more than ten types of channels that are very selective to ions passing through. In equilibrium, ion flow flowing both directions are equal. Depending on opening or closing of ion channels membrane voltage changes between -90 mV to +50 mV. Single compartment models define the membrane potential of a cell by only one variable V, while multi-compartment models are also able to specify spatial deviation along the cell. Governing equations for both models characterizes how voltage changes as charge flows. Equation below is a basic equation for a single-compartment models.

$$C_m \frac{dV}{dt} = -i_m + \frac{i_e}{A}$$

where C<sub>m</sub>, V, i<sub>m</sub>, i<sub>e</sub> and A represents total membrane capacitance, membrane voltage, membrane current, electrode current and membrane surface area. In mathematical modeling of a neuron, left side of the equation uses membrane capacitance to find out how much current is needed to change the membrane voltage while right side equals to total current passing into the cell. A typical equivalent circuit for single compartment model is shown in Fig 1.

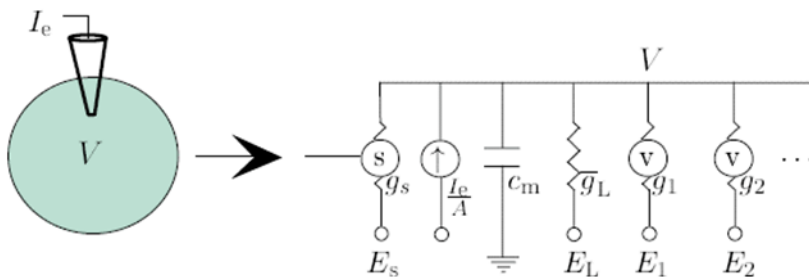


Figure 1. Equivalent circuit for generic representation of single compartment model [21]

It basically consists a capacitor, a number of resistors for each membrane conductance when v and g indicate voltage dependent conductance and specific conductance. The more voltage-dependent conductance in the model means a larger scope of dynamic behaviors.

Conductance based models are initiated with Hodgkin and Huxley's work to define Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> conductance for action

potential generation [18]. Conductance based models is an important set of mathematical facts that helps to understand how neural response originates from membrane properties and conductance, then different neuron's behavior when they are embedded into same network. With the cable theory as an analytic approach, multi-compartment models can perform numerical analysis of real complex structures. Each neuron is divided into

separate sections, i.e. compartments, and membrane voltage is approximated continuously along other compartments. The number of compartments and the length of the neuron mainly determine how accurate a multi-compartment model can define and mimic a real neuron. Fig 2 shows an approximation of a neuron via a multi-compartment model formed by different numbers of discrete pieces.

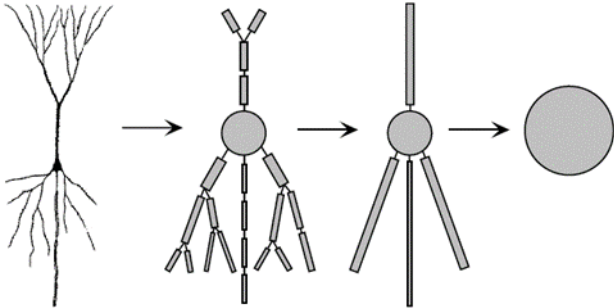


Figure 2. Multi-compartment model approximations with varying number of sections [19]

Each compartment has its own single definitions for membrane voltage, gating variables and membrane current with an equivalent electrical circuit. Each compartment is coupled by a resistor.

### 2.2. Model Framework

There are 3 main compartments, soma, dendrite and axon in multi-compartmental model. The total number of sections and the length of the neuron model are 190 and 9471  $\mu\text{m}$  respectively. A neuron from neocortex region of the brain with realistic morphology is used. Biophysical properties, i.e. membrane properties, like resting potential, axial resistivity, membrane capacitance, membrane resistivity,  $\text{Na}^+$  conductance density and  $\text{K}^+$  conductance density are inserted to corresponding compartments in line with Mainen's work [20]. NEURON v8.0 is used for simulations.

To see how voltage changes when the neuron is extracellularly stimulated for two different cases, a point source is placed to bottom and top side of the neuron with 50  $\mu\text{m}$  distance to nearest compartment. Fig. 3 shows the neuron from neocortex and two electrode locations with red dots. Pulse width, pulse frequency and simulation duration are 1 ms, 20 Hz and 25 ms respectively.



Figure 3. The neuron with realistic morphology and two locations where electrodes are situated, both 50  $\mu\text{m}$  away from the nearest compartment

### 3. Results and Discussion

The neuron is stimulated by two different electrodes one at a time, then corresponding extracellular voltage deviation along the y-direction of the neuron and membrane voltage of soma, axon and dendrite are analyzed. Electrodes that are situated 50  $\mu\text{m}$  away from the nearest compartment in the top and bottom of the neuron spatially correspond to beginning and end of the compartments in y direction. Fig. 4 shows extracellular voltage depending on two different electrode locations.

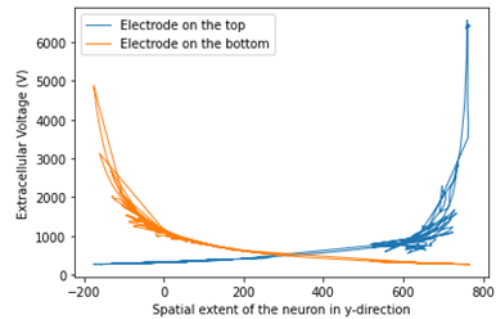


Figure 4. Extracellular voltage difference with respect to two electrode locations

The trend seen extracellular voltage is consistent with the expected voltage gradient considering where electrodes are. When the electrode is near the neural compartments in the bottom part, extracellular voltage is significantly higher around there. Then, it is moved to another position, similarly, extracellular voltage profile is shifted towards other compartments in the opposite site of the neuron model. In our analysis, membrane voltage is also analyzed for two cases. Fig. 5 demonstrates how membrane voltages are affected by extracellular stimulations from two different points.

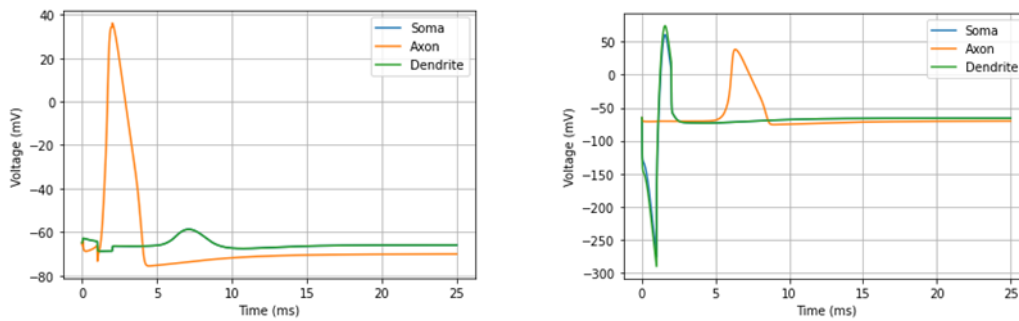


Figure 5. Membrane voltages of the compartments when the electrode is placed to (left) the top and (right) bottom part of the model

Membrane voltages show that when the electrode is placed near the top of the neuron, as a nearest neural compartment, axonal elements generates an action potential as shown in Fig. 5-left. As we also see from the Fig. 4, extracellular voltage dramatically decreases as it moves away the electrode, so the extracellular voltage doesn't seem enough to trigger an action potential for soma and dendrite. In the other case, it is seen that membrane voltages of soma and dendrite indicates a firing earlier than axonal compartments. The membrane properties of soma and dendrite make it very difficult to fire because of high membrane capacitance, high membrane resistivity and low Na conductance density. It fires because the electrode is spatially quite close situated to soma and dendrite. The time difference between two action potentials in the Fig. 5-right arises from that electrode is closer to soma and dendrite than axon.

## 4. Conclusions and Recommendations

Computational modeling of pyramidal cells that form the majority of excitatory neuron type in the cerebral cortex, more than 70% of all neurons in mammalian cortex, shows how accurately a multi-compartmental model can predict neural response to an extracellular stimulation. In addition to experimental work, it makes possible to investigate each types of cell's response to various cases either from electrode design perspective or from stimulation settings. Using neuron models with realistic morphology makes the model well-suited and realistic for further comparison and integration with experimental findings.

## 5. Acknowledge

This work is supported by the Fulbright Scholar Program with ID of PS00304539.

## References

- Viventi, J., Kim, D. H., Vigeland, L., Frechette, E. S., Blanco, J. A., Kim, Y. S., ... & Litt, B. (2011). Flexible, foldable, actively multiplexed, high-density electrode array for mapping brain activity in vivo. *Nature neuroscience*, 14(12), 1599-1605.
- Rosin, B., Slovik, M., Mitelman, R., Rivlin-Etzion, M., Haber, S. N., Israel, Z., ... & Bergman, H. (2011). Closed-loop deep brain stimulation is superior in ameliorating parkinsonism. *Neuron*, 72(2), 370-384.
- Wray, C. D., Blakely, T. M., Poliachik, S. L., Poliakov, A., McDaniel, S. S., Novotny, E. J., ... & Ojemann, J. G. (2012). Multimodality localization of the sensorimotor cortex in pediatric patients undergoing epilepsy surgery. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 10(1), 1-6.
- Schroeder, K. E., & Chestek, C. A. (2016). Intracortical brain-machine interfaces advance sensorimotor neuroscience. *Frontiers in neuroscience*, 10, 291.
- Moxon, K. A., & Foffani, G. (2015). Brain-machine interfaces beyond neuroprosthetics. *Neuron*, 86(1), 55-67.
- Moffitt, M. A., & McIntyre, C. C. (2005). Model-based analysis of cortical recording with silicon microelectrodes. *Clinical neurophysiology*, 116(9), 2240-2250.
- Jorfi, M., Skousen, J. L., Weder, C., & Capadona, J. R. (2014). Progress towards biocompatible intracortical microelectrodes for neural interfacing applications. *Journal of neural engineering*, 12(1), 011001.
- Luan, L., Wei, X., Zhao, Z., Siegel, J. J., Potnis, O., Tuppen, C. A., ... & Xie, C. (2017). Ultraflexible nanoelectronic probes form reliable, glial scar-free neural integration. *Science advances*, 3(2), e1601966.
- Patel, P. R., Zhang, H., Robbins, M. T., Nofar, J. B., Marshall, S. P., Kobylarek, M. J., ... & Chestek, C. A. (2016). Chronic in vivo stability assessment of carbon fiber microelectrode arrays. *Journal of neural engineering*, 13(6), 066002.
- Biran, R., Martin, D. C., & Tresco, P. A. (2005). Neuronal cell loss accompanies the brain tissue response to chronically implanted silicon microelectrode arrays. *Experimental neurology*, 195(1), 115-126.
- Holt, G. R., & Koch, C. (1999). Electrical interactions via the extracellular potential near cell bodies. *Journal of computational neuroscience*, 6(2), 169-184.
- Degenhart, A. D., Eles, J., Dum, R., Mischel, J. L., Smalianchuk, I., Endler, B., ... & Cui, X. T. (2016). Histological evaluation of a chronically-implanted electrocorticographic electrode grid in a non-human primate. *Journal of neural engineering*, 13(4), 046019.
- Nguyen, J. K., Park, D. J., Skousen, J. L., Hess-Dunning, A. E., Tyler, D. J., Rowan, S. J., ... & Capadona, J. R. (2014). Mechanically-compliant intracortical implants reduce the neuroinflammatory response. *Journal of neural engineering*, 11(5), 056014.
- Khodagholy, D., Gelinias, J. N., Thesen, T., Doyle, W., Devinsky, O., Malliaras, G. G., & Buzsáki, G. (2015). NeuroGrid: recording action potentials from the surface of the brain. *Nature neuroscience*, 18(2), 310-315.
- Badia, J., Boretius, T., Andreu, D., Azevedo-Coste, C., Stieglitz, T., & Navarro, X. (2011). Comparative analysis of transverse intrafascicular multichannel, longitudinal intrafascicular and multipolar cuff electrodes for the selective stimulation of nerve fascicles. *Journal of neural engineering*, 8(3), 036023.

16. Bucksot, Jesse E., et al. "Flat electrode contacts for vagus nerve stimulation." *PloS one* 14.11 (2019): e0215191.
17. Grill, W. M., S. E. Cooper, and E. B. Montgomery. "Effect of stimulus waveform on tremor suppression and paresthesias evoked by thalamic deep brain stimulation." *Society for Neuroscience Abstracts*. Vol. 29. 2003.
18. Hodgkin, A. L., & Huxley, A. F. (1952). A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *The Journal of physiology*, 117(4), 500-544.
19. Haberly, L. B. (1990). Comparative aspects of olfactory cortex. In *Cerebral cortex* (pp. 137-166). Springer, Boston, MA.
20. Mainen, Z. F., Joerges, J., Huguenard, J. R., & Sejnowski, T. J. (1995). A model of spike initiation in neocortical pyramidal neurons. *Neuron*, 15(6), 1427-1439.
21. Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems. Computational Neuroscience Series.





# A Novel Alternative Algorithm for Solving Linear Integer Programming Problems with Four Variables

Kadriye Şimşek Alan<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Department of Mathematical Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0001-6751-8013),  
[ksimsek@yildiz.edu.tr](mailto:ksimsek@yildiz.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1020212)

**ATIF/REFERENCE:** Şimşek Alan, K. (2021). A Novel Alternative Algorithm for Solving Linear Integer Programming Problems with Four Variables. *European Journal of Science and Technology*, (29), 81-86.

## Abstract

In this paper, new iterative method is proposed based on parametrization for solving Integer Linear Programming (ILP) problems with four variables and an algorithm is provided. Our method, which is better than the cutting plane method and branch and bound methods in solving ILP problems with four variables, can be easily applied regardless of the number of constraints. In addition, in our method, all alternative solutions are found and presented to the decision maker. A numerical example is solved by applying the proposed method.

**Keywords:** Integer linear programming, Linear Diophantine equations, Integer programming problems, Optimal solution.

## Dört Değişkenli Doğrusal Tamsayı Programlama Problemlerinin Çözümü İçin Yeni Bir Alternatif Algoritma

### Öz

Bu çalışmada, dört değişkenli Tamsayı Doğrusal Programlama problemlerinin çözümü için parametrizasyona dayanan yeni iteratif bir yöntem önerilmiş ve bir algoritma sunulmuştur. Dört değişkenli DTP problemlerinin çözümünde kesme düzlemi yöntemi ve dal-sınır yöntemlerinden daha iyi olan yöntemimiz, kısıtlama sayısından bağımsız olarak kolaylıkla uygulanabilmektedir. Ayrıca yöntemimizde tüm alternatif çözümler bulunur ve karar vericiye sunulur. Önerilen yöntem uygulanarak sayısal bir örnek çözülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Tamsayı doğrusal programlama, Doğrusal Diophantine denklemleri, Tamsayı programlama problemleri, Optimal çözüm.

\* Corresponding Author: [ksimsek@yildiz.edu.tr](mailto:ksimsek@yildiz.edu.tr)

## 1. Introduction

Linear programming (LP) is a sub-field of operations research in which the objective function and its constraints are written as linear functions. Certain effective algorithms, such as the simplex algorithm, are used to solve linear programming problems. In LP problems, the variables are usually non-integer values, but the quantities to be modeled are usually essentially integers. Linear programming in which variables are only allowed to be integers in this way is called integer programming (IP). Integer programming (IP), also known as *discrete optimization* or *combinatorial optimization*, helps in developing decision strategies in a wide range of fields, from engineering to economics or from management to the military field. In these features, it is characterized as a sub-domain of mathematical programming that is the most popular and widely studied. Many researchers have also conducted studies in this area.

One of these researchers, Gomory presented a cutting plane algorithm to obtain the optimal solution for IP problems (Gomory, 1958); others solve the ILP using enumerative approaches, the most popular of them is branch-and-bound (Chen et al., 2011). Important studies in this field (Joseph, 1995; Pandian and Jayalakshmi, 2012; Tsai et al., 2008.; Mohamad and Said, 2013; Genova and Guliashki, 2011; Hossain and Hasan, 2013; Shinto and Susmaha, 2013) can be cited. Another important study in this area was done by Bertsimas et al.. Bertsimas et. al suggested a novel algorithm for solving IP problems that are based on algebraic geometry (Bertsimas, 2000) . Tantawy introduced a novel procedure for solving ILP problems with an objective function of linear functions and with a constraint set of linear inequalities, which are based on the conjugate gradient projection method (Tantawy, 2014). Dang and Ye developed an alternative method, called a fixed point iterative method, for integer programming by constructing an increasing mapping that satisfies certain properties (Dang and Ye, 2015). Pedrosa presented an evolutionary algorithm for solving pure ILP problems. In this algorithm, all the variables of the problem are fixed by the evolutionary system (Pedrosa, 2002). In another study (Şimşek Alan et al., 2019), an alternative iterative method based on parameterization was developed to solve pure ILP problems with two variables. The method proposed in this study is easy to implement, efficient, but can only be used to solve pure ILP problems with two variables. Simsek Alan developed the method presented by Simsek Alan et al. (2019) for solving ILP problems with three variables (Simsek Alan, 2020). If this method given by Simsek Alan is developed for solving ILP problems with four variables, the obtained method becomes the basis for solving ILP problems with n variables. For this reason, the development of this method for solving ILP problems with four variables is of critical importance, both theoretically and practically.

Therefore, in this study, a new iterative method based on parameterization is developed for solving ILP problems with four variables. In addition, an easy-to-apply and useful algorithm for the solution of ILP problems with four variables is given,

This paper is organized as follows: Section 2 includes some necessary information. In Section 3 is given the proposed approach. Sections 4 and 5 is presented our numerical example and conclusions, respectively.

## 2. Preliminaries

**Definition 1:** The mathematical formulation of an ILP problem is described below.

$$P_1: \begin{cases} \text{Max(Min)} \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \\ x_j \geq 0 \text{ and integer, } \quad (i = 1, 2, \dots, m) \end{cases}$$

(Chen, 2011).

**Definition 2:** Consider the objective hyperplane  $\sum c_j x_j = z$ ,

Where each  $c_j \in Z$ , which is a linear Diophantine equation in integers. Let  $d = gcd(c_j, c_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, n)$ . It has an integer solution if and only if  $d|z$ . Additionally, if a linear Diophantine equation has an integer solution, there will be infinitely many solutions for this equation (Schrijver, 1986)

**Theorem 1:**  $(x_1, x_2, \dots, x_n, z)$  is a solution of the problem if and only if  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  satisfies all constraints of  $P_1$  (Schrijver, 1986).

## 3. Results and Discussion

### 3.1. The Proposed Algorithm for Solving the Integer Linear Programming Problem with Four Variables

The proposed algorithm to an ILP problem with four variables consists of these steps:

*Step 0:* Load LP problem  $P_1$ .

*Step 1:* Solve the relaxed LP problem  $P_1$  to obtain the optimal solution  $x^*$ .

*Step 2:* If  $x^* \in Z^n$ , then this is the desired optimal solution  $x^*$ . Stop. If not, go to step 3.

*Step 3:* Set  $c^T x = z^*$ .

*Step 4:* Assign the parametric variables  $y_1, y_2, y_3, y_4$  to  $x_1, x_2, x_3, x_4$  respectively, and then replace them with  $c^T x = z^*$ . Then find an arbitrary parametric variable from the linear Diophantine equation  $c^T x = z^*$ .

*Step 5:* Substitute these parametric variables into  $x_1, x_2, x_3, x_4$  in the inequality system.

*Step 6:* Find the domain interval  $a_1 \leq y_i \leq b_1$  for an arbitrary parametric variable  $y_i$  from  $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ .

*Step 7:* Set  $a = [a_1]$  (Where  $[a_1]$  is the greatest integer less than or equal to  $a_1$ ) and assign a to  $y_i$ .

*Step 8:* Put a in  $y_i$  in the system of inequalities.

*Step 9:* Draw the system of inequalities.

*Step 10:* Check if there are integers points belonging to the two-dimensional region. If there are integer points belonging to the

two-dimensional region go to step 11. Otherwise, put b into  $y_i$  and go to Step 8.

*Step 11:* If there are integer points belonging to this region obtained, the value of the parametric variable is calculated using these integer points. If the fourth parametric variable is an integer, the desired optimal solution  $x^*$  is found. If the fourth parametric variable is not an integer, or there are no integer points of the two-dimensional region, then in the maximization problem (minimization problem),  $z^*$  is replaced by  $\lfloor z_{LP} \rfloor - 1$  ( $\lfloor z_{LP} \rfloor + 1$ ) and go to step 3.

### 3.2. Numerical Experiment

**Example 1.** Consider the following ILP problem.

*Step 0:*

$$P_1 \text{ Max } 9x_1 + 5x_2 + 6x_3 + 4x_4$$

Subject to

$$6x_1 + 3x_2 + 5x_3 + 2x_4 \leq 10$$

$$x_3 + x_4 \leq 1$$

$$-x_1 + x_3 \leq 0$$

$$-x_2 + x_4 \leq 0$$

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0$ , and integers.

*Step 1:* If we solve the relaxed LP problem,  $P_1: (x_1, x_2, x_3, x_4) = (0, 2.66, 0, 1)$  and optimal value  $z = 17.33$  are found.

*Step 2:* There exists no integer solution; go to Step 3.

*Step 3:* Set  $9x_1 + 5x_2 + 6x_3 + 4x_4 = 17$ .

*Step 4:* If you set  $x_1 = y_1, x_2 = y_2, x_3 = y_3$ , and  $x_4 = y_4$ , you get the Diophantine Equation  $9y_1 + 5y_2 + 6y_3 + 4y_4 = 17$ .

From this Diophantine Equation  $y_2 = \frac{17 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}$  is obtained.

*Step 5:* Substituting  $y_1, \frac{17 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}, y_3$  and  $y_4$  for  $x_1, x_2, x_3$  and  $x_4$  in the constraints, the inequality system

$$-3y_1 - 7y_3 + 2y_4 \geq 1$$

$$y_3 + y_4 \leq 1$$

$$-y_1 + y_3 \leq 0$$

$$9y_1 + 6y_3 + 9y_4 \leq 17$$

(3.1)

is obtained.

*Step 6:* From this system of inequalities, the domain interval  $0 \leq y_4 \leq 1$  for the parameter  $y_4$  is obtained.

*Step 7:* Set  $y_4 = 0$ .

*Step 8:* If 0 is substituted into  $y_4$  in the inequality system given in (3.1), then the following inequality system is obtained.

$$-3y_1 - 7y_3 \geq 1$$

$$y_3 \leq 1$$

$$-y_1 + y_3 \leq 0$$

$$9y_1 + 6y_3 \leq 17$$

(3.2)

*Step 9:* Draw the two dimensional region of the inequality system given in (3.2).

*Step 10:* Since there are no integer points in the two-dimensional region, set  $y_4 = 1$  and go to step 8.

*Step 8:* If 1 is substituted into  $y_4$  in the inequality system given in (3.2), then the following inequality system is obtained.

$$3y_1 + 7y_3 \leq 1$$

$$y_3 \leq 1$$

$$-y_1 + y_3 \leq 0$$

$$9y_1 + 6y_3 \leq 8$$

(3.3)

*Step 9:* Draw the two dimensional region of the inequality system given in (3.3).

*Step 10:* There is a point  $(y_1, y_3) = (0, 0)$  in the two-dimensional region of the inequality system given by (3.3).

*Step 11:* In the equation  $y_2 = \frac{17 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}$ , if 0 is substituted into  $y_1, 0$  into  $y_3$ , and 1 into  $y_4, y_2 = \frac{13}{5}$  is obtained. Since  $\frac{13}{5} \notin Z^+$ , the optimal value  $z^*$  cannot be 17. For this reason, the optimal value  $z^*$  is taken as 16 by decreasing it by one unit and and If you go to step 3 and apply the steps of the suggested algorithms, for the optimal value 15, The Diophantine equation

$9y_1 + 5y_2 + 6y_3 + 4y_4 = 15$  is obtained. From this Diophantine Equation,  $y_2 = \frac{15 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}$  is obtained.

Substituting  $y_1, \frac{15 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}, y_3$  and  $y_4$  for  $x_1, x_2, x_3$  and  $x_4$  in the constraints, then the inequality system

$$3y_1 + 7y_3 - 2y_4 \leq 5$$

$$y_3 + y_4 \leq 1$$

$$-y_1 + y_3 \leq 0$$

$$9y_1 + 6y_3 + 9y_4 \leq 15$$

is obtained. From this system of inequalities, the domain interval  $0 \leq y_4 \leq 1$  for the parameter  $y_4$  is obtained. According to the steps of the algorithm, if this inequality system is solved, the integer point  $(y_1, y_3, y_4) = (0, 0, 0)$  is found. In the equation

$$y_2 = \frac{15 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}, \text{ if } 0 \text{ is substituted into } y_1, 0 \text{ into } y_3,$$

and 0 into  $y_4, y_2 = 3$  is obtained. Since  $3 \in Z^+$ , the point  $(0, 3, 0, 0)$  is an integer solution for the optimal value 15. In addition, to investigate whether there is an integer solution for  $y=1$ , if you go to step 8 and apply the steps given in the algorithm, it is seen that there is no optimal solution to the problem except  $(0, 3, 0, 0)$ . The results of Example 1 are summarized in Table 1.

**Table 1.** Summarized results of Example 4.1

Optimal value $z^*$	$y_2$	Inequality systems	$y_4$	Inequalities with respect to the point $(y_1, y_3)$	Is there at least one integer point $(y_1, y_3)$ satisfying the inequality?	Is $y_2$ an integer?	Is $(y_1, y_2, y_3, y_4)$ an integer solution?
17	$\frac{17 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}$	$-3y_1 - 7y_3 + 2y_4 \geq 1$ $y_3 + y_4 \leq 1$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 + 9y_4 \leq 17$	0	$-3y_1 - 7y_3 \geq 1$ $y_3 \leq 1$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 \leq 17$	No	No	No
			1	$3y_1 + 7y_3 \leq 1$ $y_3 \leq 0$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 \leq 8$	(0,0)	No $\left(\frac{13}{5}\right)$	No
16	$\frac{16 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}$	$3y_1 + 7y_3 - 2y_4 \leq 2$ $y_3 + y_4 \leq 1$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 + 9y_4 \leq 16$	0	$3y_1 + 7y_3 \leq 4$ $y_3 \leq 1$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 \leq 16$	(0,0)	No $\left(\frac{16}{5}\right)$	No
			1	$3y_1 + 7y_3 \leq 0$ $y_3 \leq 0$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 \leq 7$	(0,0)	No $\left(\frac{12}{5}\right)$	No
15	$\frac{15 - (9y_1 + 6y_3 + 4y_4)}{5}$	$3y_1 + 7y_3 - 2y_4 \leq 5$ $y_3 + y_4 \leq 1$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 + 9y_4 \leq 15$	0	$3y_1 + 7y_3 \leq 5$ $y_3 \leq 1$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 \leq 15$	(0,0)	<b>Yes</b> <b>3</b>	<b>(0, 3, 0, 0)</b> <b>(Integer Solution)</b>
			1	$3y_1 + 7y_3 \leq 7$ $y_3 \leq 0$ $-y_1 + y_3 \leq 0$ $9y_1 + 6y_3 \leq 6$	(0,0)	No $\left(\frac{11}{5}\right)$	No



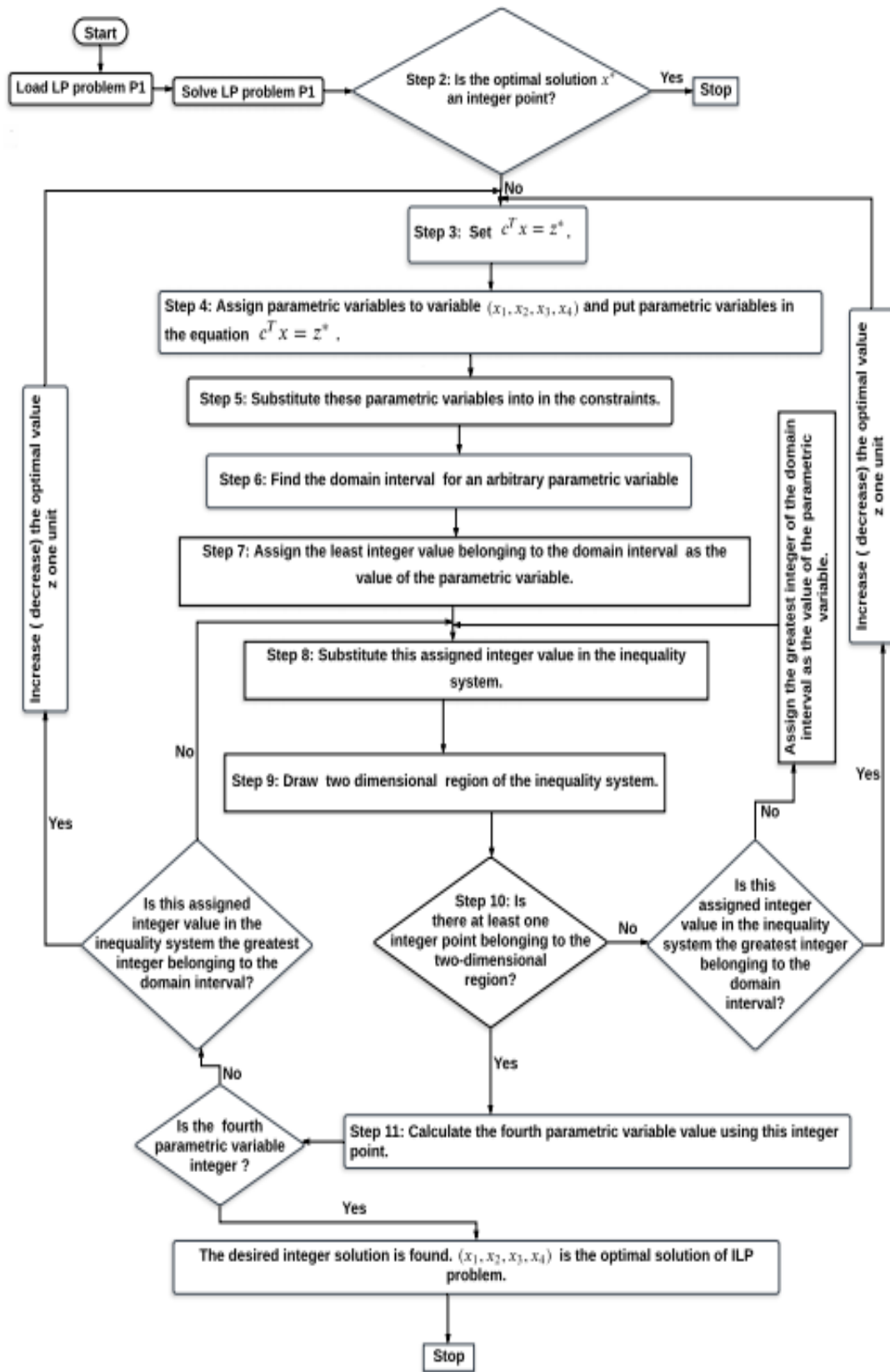


Fig. 1 The flow chart of the proposed solution Method

## 4. Conclusions

This study proposes, using basic algebraic geometry information, a method for solving ILP problems with four variables and presents an easily applicable alternative algorithm. Many methods used for solving ILP problems have some difficulties in terms of calculation and process time. Our method is free of such difficulties and has many advantages compared to other methods that are used for solving ILP problems. These advantages are as follows:

1. Integer programming problems are complex problems in terms of calculation and process time. The approach developed in the present study has no complexity and, thus, requires a very short process time.
2. Since only a small portion of the appropriate solution area is addressed in the branch-bound technique, many possible solutions might be ignored. However, no optimal solution is ignored with our method because all appropriate solutions are investigated.
3. As the number of constraints increases in the *branch-bound* and the *cutting plane* method, a serious load of process emerges. In our method, by contrast, the optimal solution is easily accessible independently of the number of constraints.
4. The graphical method can only be used for the solution of ILP problems with two variables. However, the proposed method can be used for the solution of ILP problems with four problems.

## 5. Acknowledge

This work was supported by Yildiz Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: FBA-2021-4032.

## References

- Bertsimas, D., Perakis, G., Tayur, S. (2000). A new algebraic geometry algorithm for integer programming. *Management Science*, 46(7), 999-1008.
- Chen, D. S., Batson, R. G., Dang, Y. (2015). Applied integer programming: modeling and solution, pp. 3-4. John Wiley & Sons, New Jersey, 2011.
- Dang, C., Y. Ye. (2015). A fixedpoint iterative approach to integer programming and its distributed computation. – *Fixed Point Theory and Applications*. 182, 1-15.
- Genova, K., Guliashki, V. (2011). Linear integer programming methods and approaches—a survey. – *Journal of Cybernetics and Information Technologies*, 11(1), 1-23.
- Gomory, Ralph E. (1958) Outline of an Algorithm for Integer Solutions to Linear Programs. *Bull. Amer. Math. Soc.* 64(5): 275-278.
- Hossain, M. I., Hasan, M. B. (2013). A Decomposition Technique For Solving Integer Programming Problems. *GANIT: Journal of Bangladesh Mathematical Society*, 33, 1-11.
- Joseph, A. (1995). Parametric formulation of the general integer linear programming problem. – *Computers & operations research*, 22(3), 883-892.
- Mohamad, N. H., & Said, F. (2013). Integer linear programming approach to scheduling toll booth collectors problem. *Indian Journal of Science and Technology*, 6(5), 4416-4421.

- Pandian, P., & Jayalakshmi, M. (2012). A New Approach for solving a Class of Pure Integer Linear Programming Problems. *Journal of Advanced Engineering Technology*, 3, 248-251.
- Pedroso, J. P. (2002). An evolutionary solver for pure integer linear programming. *International Transactions in Operational Research*, 9(3), 337-352.
- Schrijver, A. (1986). “Theory of Linear and Integer Programming”, *John Wiley & Sons Ltd*.
- Shinto, K. G., & Sushama, C.M. (2013). An Algorithm for Solving Integer Linear Programming Problems. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 37-47.
- Simsek Alan, K., Albayrak, I., M., Sivri, M., Guler, C. (2019). An Alternative Algorithm for Solving Linear Programming Problems Having Two Variables, – *International Journal of Applied Information Systems*. 12 (25), 6-9.
- Simsek Alan, K. (2020). An Novel Algorithm for Solving Linear Programming Problems Having Three Variables. *J. Cyber. and Inform. Technologies* 20 (4), 27-35.
- Tantawy, S. F. (2014). A new procedure for solving integer linear programming problems. – *Arabian Journal for Science and Engineering*. 39 (6), 5265-5269.
- Tsai, J. F., Lin, M. H., Hu, Y. C. (2008). Finding multiple solutions to general integer linear programs. – *European Journal of Operational Research*, 184(2), 802-809.



# Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Prostat Kanseri Tümör Oluşumunun İncelenmesi

Nesrin Aydın Atasoy<sup>1\*</sup>, Ahmet Demiröz<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, (ORCID:0000-0002-7188-0020), [nesrinaydin@karabuk.edu.tr](mailto:nesrinaydin@karabuk.edu.tr)  
<sup>2</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Çankırı, Türkiye, (ORCID:0000-0001-5739-896X), [demiroz@karatekin.edu.tr](mailto:demiroz@karatekin.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018897)

**ATIF/REFERENCE:** Atasoy, N. A. & Demiröz, A. (2021). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Prostat Kanseri Tümör Oluşumunun İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 87-92.

## Öz

Makine öğrenmesi, bir algoritma veya yöntem kullanarak ham verilerden kalıpları çıkaran bir yapay zeka türüdür. Makine öğrenmesinin temel odak noktası, bilgisayar sistemlerinin açıkça programlanmadan veya insan müdahalesi olmadan deneyimlerden öğrenmesine olanak sağlamaktır. Trafik uyarıları, sosyal medya, ulaşım, ürün önerileri, sanal kişisel asistanlar, otonom arabalar, dinamik ücretlendirme, google çeviri, çevrimiçi video akışı, dolandırıcılık tespiti ve daha birçok kullanım alanı olmakla beraber tıp alanında teşhis ve tedavi süreçlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Elde edilen tıbbi sonuçlar hastanın yaşam kalitesini arttırmak ve hastalığın durumunu takip etmek için alanında uzman kişilere yardımcı olabilmektedir. İnsanlar için çok çeşitli hastalıklar olmakla birlikte kanser yüksek riskli hastalıkların başında gelmektedir. Prostat kanseri, akciğer kanserinden sonra erkeklerde ikinci sırada yer almaktadır. Yapılan literatür araştırmalarında Prostat Spesifik Antijen, Gleason Skor, Androjen Hormonu ve T Aşamalı prostat kanser tespitinde önemli girdiler olmakla beraber yeterli olmadıkları görülmüştür. Bu çalışmada çok boyutlu kanser genomik verilerini keşfetmek için açık bir platform olan cBioPortal veritabanından klinik veriler elde edilmiştir. Elde edilen verilerin daha anlaşılır ve işlenebilir hale getirilmesi için veri ön işleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Prostat kanseri olan hasta takiplerinde tümörlü/tümörsüz durumu tahmin edilerek makine öğrenmesi algoritmalarından K-En yakın komşular, Rassal ağaçlar, Gradyan artırma, Destek vektör makinesi, Lojistik regresyon, Naive bayes ve Karar ağaçları sınıflandırma algoritmalarının performansı değerlendirilmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda çoğunlukla Rassal ağaçlar algoritmasının daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Ancak klinik verilerle yaptığımız çalışmada sıklıkla kullanılan yedi sınıflandırıcı arasında Gradyan artırma algoritması ile %85.37 doğrulukla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Özellik seçimi yapılmadan elde ettiğimiz klinik verilerde özellik seçimi ile en iyi alt kümenin seçilmesi işlemi yapılarak sonuçlar iyileştirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoinformatik, Gradyan artırma, Makine öğrenmesi, Prostat kanseri.

## Examination of Prostate Cancer Tumor Formation Using Machine Learning Algorithms

### Abstract

Machine learning is a type of artificial intelligence that extracts patterns from raw data using an algorithm or method. The focus of machine learning is to enable computer systems to learn from experience without being explicitly programmed or human intervention. Traffic alerts, social media, transportation, product recommendations, virtual personal assistants, autonomous cars, dynamic pricing, google translation, online video streaming, fraud detection and many other uses are also frequently used in diagnosis and treatment processes in the medical field. The medical results obtained can help experts in the field to improve the life quality of the patient and to follow the status of the disease. Prostate cancer ranks second in men after lung cancer. In the literature, it has been seen that Prostate Specific Antigen, Gleason score, androgen hormone and T stage prostate cancer are important inputs, but they are not sufficient. In this

\* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, ORCID:0000-0002-7188-0020, [nesrinaydin@karabuk.edu.tr](mailto:nesrinaydin@karabuk.edu.tr)

study, clinical data were obtained from the cBioPortal database, which is an open platform to explore multidimensional cancer genomic data. Data preprocessing was realized for to make the obtained data more understandable and processable. The performance of K-Nearest neighbors, Random trees, Gradient boosting, Support vector machine, Logistic regression, Naive Bayes, and Decision trees classification algorithms from machine learning algorithms was evaluated by estimating the tumor/no-tumor status in the follow-ups of patients with prostate cancer. In previous studies, it has been seen that the Random trees algorithm mostly performs better. However, among the seven classifiers that are frequently used in our study with clinical data, better results were obtained with the Gradient boosting algorithm with an accuracy of 85.37%. Results can be improved by selecting the best subset with feature selection in the clinical data we obtained without feature selection.

**Keywords:** Bioinformatics, Gradient boost, Machine learning, Prostate cancer.

## 1. Giriş

Makine öğrenmesine dayalı karar destek sistemlerinin görüntü tanıma, metin okuma, konuşma tanıma, dolandırıcılık tespiti ve öneri sistemleri dahil olmak üzere oldukça geniş kapsamlı kullanım alanları vardır. Eltanashi ve Atasoy (2020) makine öğrenmesi yaklaşımını konuşma tanıma için kullanmışken, Tasdelen ve Sen (2021) miRNA'ları sınıflandırmak için kullanmıştır. Yalnızca karmaşık analizleri kolaylaştırmak için değil, aynı zamanda maliyet ve zamandan tasarruf etmek içinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda insanlar ve elektronik cihazlar tarafından birçok veri oluşturulmaktadır. Veri miktarı büyüdükçe, veri analitiği o kadar karmaşık hale gelmekte ve makine öğrenmesinin önemi de artmaktadır (Smiti, 2020).

Makine öğrenmesi tıp alanında da kullanılmaktadır. Prostat kanseri üzerine yapılan çalışmalarda Regnier-Coudert vd. (2012) prostat kanserini patolojik olarak evrelemek için Prostat Spesifik Antijen (PSA), gleason skor ve klinik aşamadan oluşan partin tablosu ile karşılaştırmışlar ve Naive Bayes (NB) ile daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Ge, Gao ve Chen (2015) prostat kanser tanılması yapmak için oluşturulan modellerde yaş, toplam PSA, serbest PSA, serbest PSA oranı, boy, kilo, vücut kitle indeksi, prostat hacmi, PSA yoğunluğu verilerini kullanarak Lojistik Regresyon (LR) ile %86 ve Yapay Sinir Ağı (YSA) ile %87 başarı elde etmişlerdir.

Xiao vd. (2017) transrektal ultrason bulguları, yaş ve prostat spesifik antijenin serum seviyeleri hakkındaki veriler kullanılarak Rassal Ağaçlar (RA) algoritması ile prostat kanseri %83.10 doğruluk, %65.64 duyarlılık, %93.83 özgüllük ve %86.72 hassasiyetle tahmin edilmiştir. Çalışmalarında değişkenlerin tek başlarına yeterince güçlü olmadıklarını göstermişlerdir. Wen, H., Li, S., Li, W., Li, J. Ve Yin, C. (2018) yaptıkları çalışmada Gözetim, Epidemiyoloji ve Nihai Sonuçlar (SEER) prostat kanseri veri tabanında hastaların hayatta kalma sürelerini tahmin etmişlerdir. İki model üzerinde YSA %85.6, NB %71, Karar Ağacı (KA) %85 ve Destek Vektör Makinesi (DVM) %85.5 doğrulukla algoritmaların başarımını sağlamışlardır.

Nitta vd. (2019) klinik ve patolojik veriler kullanmış, YSA, DVM ve RA ile prostat kanser tespiti yaparak PSA yoğunluğu ve PSA hızından daha iyi tahmin yapan makine öğrenmesi modelleri sunmuşlardır. Srivenkatesh (2020) prostat kanseri tahmininde RA ve LR ile %90 doğruluk elde etmiştir. Murtojärvi (2020) Cox regresyon modellerinden en az mutlak büzülme ve seçim operatörü (Lasso) ve Greedy (açgözlü) iki değişken seçim yöntemi uygulayarak, hayatta kalma tahmin maliyetini önemli ölçüde azaltmışlardır. Çalışmalarında Lasso, en yüksek doğruluğu daha iyi verirken, Greedy yöntem ise düşük maliyet için daha iyi sonuç vermiştir. Lee vd. (2020) prostat kanserinin tekrarlanmasını tahmin eden web tabanlı bir klinik karar destek sistemi

önermişlerdir. KA, RA, YSA, LR ve Gradient Aritma (GA) sınıflandırıcı algoritmaları modellenmiş ve çalışmada GA sınıflandırıcısı daha iyi performans göstermiştir.

Karunamuni vd. (2020) Cox regresyon modeliyle Afrika ırkına özgü prostat kanser tehlike skorunda iyileştirme yapmışlardır ve prostat kanser olasılığının ırka göre değiştiği vurgulanmıştır. Syed vd. (2020) prostat kanser hastalarını risk gruplarına ayırmak için T evresi, gleason skoru ve PSA gibi faktörleri kullanarak bilgi ve tedavi seçimi için çalışma yapmışlar ve %80'lerde başarı sağlamışlardır. Kaur, Doja ve Ahmad (2020) tedavi gören metastatik prostat kanser hastalarının her tedavi seti arasındaki zaman aralıklarıyla birlikte hastalara verilen tedavi sırasını analiz etmişlerdir. Boosting trees algoritmasının %84.5 doğrulukla daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Lasheras vd. (2020) prostat kanseri teşhisi için bir dizi özellikten en iyilerini seçebilen DVM ve genetik algoritmanın kullanıldığı hibrit bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritma da 0.91 duyarlılık ve 0.87 özgüllük sağlanmış, kullanılan niteliklerin etki düzeyi sunulmuştur.

Deng, Li ve Guan (2020) klinik veriler ve patolojik sonuçlardan tedavinin devam edilip edilmeme durumu değerlendirmiş ve RA temel öğrenici olarak seçilmiştir. Auffenberg vd. (2019) prostat kanser hastaları için klinik verileri ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak tedavi kararlarını görüntülemek için web tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Kişiselleştirilmiş bir tedavi tahmini sağlamak için klinikopatolojik ve demografik özellikleri RA kullanılarak bir öngörücü model geliştirilmiştir.

Yapılan literatür çalışmalarında prostat kanserinin teşhisinde prostat spesifik antijeni, yaş, gleason skor önemli belirteçler olmakla birlikte tek başlarına yeterince verimli olmadıkları görülmüştür. Özellikle PSA ve testosteron hormonunun da ne kadar etkili olduğu tam olarak kesinlik kazanmamıştır. Androjen baskılama tedavisi veya diğer tedavilerde PSA ve testosteronla beraber diğer klinik, patolojik sonuçlar ve kişisel özelliklerin değerlendirilmesi ihtiyacı devam etmektedir.

Bu çalışmada prostat kanseri olan hastalara ait yaş, ilk patolojik tanı gün sayısı, lenf düğüm aşaması (N stage), tümör aşaması (T stage), Tümör durumu (bağımlı değişken), kanser geçmişi, ırk, radyasyon terapi, hayatta kalma durumu ve süresi (ay), hastalığa özgü hayatta kalma durumu ve süresi (ay), hastalısız durum ve süresi (ay), ilerlemesiz durum ve süresi (ay) klinik verileri kullanılarak tümör sınıflandırması gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Biyoinformatik; biyoloji, bilgisayar bilimi ve bilgi teknolojilerinin birleşiminden oluşan bir disiplin olarak



tanımlanmıştır. Yani biyolojik bilginin bilgisayar yardımı ile incelenmesi ve işlenmesidir. Disiplinler arası bir bilim olan biyoinformatik, biyolojik veriyi depolama teknikleri ve depodan bulma teknikleri geliştirir, düzenler ve analiz eder. Makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılarak da hasta verileri üzerinde verilerin elde edilmesi, ön işlenmesi, normalizasyon veya standardizasyon yapılması, özellik seçimi veya boyut azaltma, sınıflandırma, değerlendirme ve hayatta kalma analizi yapılarak biyoinformatik analiz yapılabilir.

Biyoinformatik analizlerde hastane ve laboratuvarlar kendi oluşturdukları klinik veya genomik verileri kullanabildikleri gibi, elde edilen verileri ilgili merkez ve enstitüler aracılığıyla çevrimiçi olarak paylaşarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Ulusal Kanser Enstitüsü (Grossman vd., 2016), cBioPortal (Gao vd., 2013), Kanser Genom Atlası (Weinstein vd., 2013), Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (National Library, 2021), Gözetim, Epidemiyoloji ve Nihai Sonuçlar (SEER, 2021) çevrimiçi olarak veri sağlanabilecek ve sıklıkla kullanılan veri tabanlarıdır.

## 2.1. Prostat Kanseri Klinik Veri Seti ve Değişken Seçimi

### 2.1.1. Veri Seti ve Ön İşleme Adımları

Çalışmada farklı veri tabanlarından hem klinik hem de genomik veri sağlayan cBioPortal platformundan Kanser Genom

Atlas'ın sunmuş olduğu prostat kanser klinik verileri kullanılmıştır. Yaş, ilk patolojik tanı gün sayısı, Lenf düğüm aşaması (N stage), Tümör aşaması (T stage), Tümör durumu (bağımlı değişken), Kanser geçmişi, Irk, Radyasyon terapi, Hayatta kalma durumu ve süresi (ay), Hastalığa özgü hayatta kalma durumu ve süresi (ay), Hastaliksız durum ve süresi (ay), İlerlemesiz durum ve süresi (ay) gibi 16 özellik Tablo 1'de görüldüğü gibi belirlenmiştir. Tümör durumu bağımlı değişken olarak değerlendirilmiştir.

Klinik veriler üzerinde ön işleme olarak bağımlı değişkende eksik veriler setten çıkarılmıştır. Python programlama dili kullanılarak "LabelEncoder()" metodu ile her bir veriye alfabetik sıralamaya göre benzersiz bir tam sayı atanarak kategorik verilerin sayısal dönüşümü yapılmıştır. Bağımlı değişkende boş olan değerler setten çıkarılmıştır. Bağımsız değişkenlerde ise veri kaybı yaşamamak için o sütunun ortalama değerini alacak şekilde boş değerler düzenlenmiştir. String olarak alınan diğer sütunların sayısal dönüşümü "astype(float)" metoduyla yapılmıştır. Böylece, 16 özellik için 408 adet veri elde edilmiştir. 15 bağımsız ve 1 bağımlı değişken belirlenerek oluşturulan veri setinin bir kısmı Tablo 1'de görülmektedir. Bağımlı değişken olarak tümör durumu referans alınarak veri seti ilk önce %30 test ve %70 eğitim verisi olarak ayrılmış, ancak daha sonra %20 test ve %80 eğitim verisi ile daha iyi doğruluk sağladığı görüldüğü için bu değerler kullanılmıştır.

Tablo 1. Prostat kanseri örnek veri seti

Kişi No	Tanı yaşı	İlk tanıdan geçen süre	N_ aşaması	T_ aşaması	Tümör Durumu	Ön Teshis	Irk	Radyasyon tedavisi	Sağkalım durumu	Sağkalım süresi (Ay)	Hastalığa özgü sağkalım durumu	Hastalığa özgü sağkalım süresi	Hastaliksız durum	Hastaliksız geçen süre	İlerlemesiz durum	İlerlemesiz geçen süre
TCGA-2A-A8VL	51	621	0	1	0	0	1.927	0	0	20.416	0	20.416	0.0856	36.0844	0	20.416
TCGA-2A-A8VO	57	1701	0.165	3	0	0	1.927	0	0	55.923	0	55.923	0.0856	36.0844	0	55.923
TCGA-2A-A8VT	47	1373	1	5	0	0	1.927	1	0	45.139	0	45.139	0.0856	36.0844	0	45.139
TCGA-2A-A8VV	52	671	0	1	0	0	1.927	0	0	22.06	0	22.06	0.0856	36.0844	0	22.06
TCGA-2A-A8VX	70	1378	0	4	0	0	1.927	0	0	45.304	0	45.304	0.0856	36.0844	0	45.304
TCGA-2A-A8W3	69	863	0	3	0	0	1.927	0	0	28.372	0	28.372	0.0856	36.0844	1	6.51

### 2.1.2. Özellik Ölçeklendirme

Farklı ölçeklerde bulunan verileri, ortak bir sisteme taşımak ve karşılaştırılabilir hale getirmek için standardizasyon veya normalizasyon kullanılır. Veri standardizasyonu, öznitelikleri, ortalamaları 0 ve varyansı 1 olacak şekilde yeniden ölçeklendirme işlemidir. Standardizasyonu gerçekleştirmenin amacı, değerlerin aralığındaki farklılıkları bozmadan tüm özellikleri ortak bir ölçeğe indirmektir.

Normalizasyon, özellikleri benzer bir ölçekte olacak şekilde dönüştürmek için kullanılır. Bu ölçek aralığı [0, 1] veya bazen [-1, 1] olarak ölçeklendirilir. Geometrik olarak dönüşüm n-boyutlu verileri n-boyutlu birim hiperküp haline getirir. Aykırı değerler olmadığında daha iyi performans göstermektedir. Bu çalışmada normalizasyon yapılarak daha iyi sonuçlar alınmıştır.

## 2.2. Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Makine öğrenmesi, verileri iyileştirmek, açıklamak ve sonuçları tahmin etmek için verilerden yinelemeli olarak öğrenen

çeşitli algoritmalar kullanır (Hurwitz ve Kirsch, 2018). Çalışmada cBioPortal'dan Kanser Genom Atlas prostat kanser klinik verileri üzerinde algoritmalarla göre en iyi sonuçları veren parametreler GridSearchCV() metoduyla test edilerek uygulanmıştır. Oluşturulan modellerde belirtilen hiperparametre ve değerleri için tüm kombinasyonlar hesaplanır ve en uygun hiperparametre seti bulunur.

### 2.2.1. K-En Yakın Komşu

K-En yakın komşu (K-EYK) algoritması, sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılacak istatistiksel denetimli öğrenme tekniğidir. Eğitim setini ezberlemek ve ardından eğitim setindeki en yakın komşularının etiketlerine dayanarak herhangi bir yeni örneğin etiketini tahmin etmektir. Alan noktalarını tanımlamak için kullanılan özelliklerin, yakın noktaların aynı etikete sahip olma olasılığını artıracak şekilde etiketlemeleri ile ilgili olduğu varsayımına dayanmaktadır (Shalev ve David, 2014).

K-EYK'nun ilk adımı sırasında eğitim ve test verileri sisteme tanıtılır. K değeri belirlenerek en yakın veri noktaları seçilir. Öklid, Manhattan, Minkowski veya Hamming uzaklığı gibi yöntemlerle test verileri ile her eğitim verisi arasındaki mesafe hesaplanır. Mesafe değerine göre artan düzende sıralanır. Sıralanan diziden en üstteki K satırı seçilerek sınıflandırma yapılacaktır (Machine learning, 2021). Satırların en sık görülen sınıfını temel alarak test noktasına bir sınıf, sütunların en başarılı sınıfına bağlı olarak test noktasına bir sınıf atanır. Hamming uzaklık metriğinde GridSearchCV() metoduyla en iyi K değeri bulunmuş ve 10 kat çapraz doğrulama ile hesaplanmıştır. Burada Hamming mesafesi için  $D_H = \sum_{i=1}^k (|x_i - y_i|)$ ;  $x = y \rightarrow D = 0$  ve  $x \neq y \rightarrow D = 1$  formülü kullanılır.

### 2.2.2. Rassal Ağaçlar

RA, hem sınıflandırma hem de regresyon için kullanılan denetimli bir öğrenme algoritmasıdır. Daha çok sınıflandırma problemleri için kullanılmaktadır. Veri kümesinden rastgele örnekler seçilir. Her örnek için bir karar ağacı oluşturularak tahmin sonucu alınır. Tahmin edilen her sonuç için oylama yapılır. Nihai tahmin sonucu olarak en çok oylanan tahmin sonucu seçilerek en iyi çözüm elde edilir (Machine learning, 2021). Ormandaki ağaç sayısı n\_estimators 15 ve bölünmenin kalitesini ölçmek için entropy parametre olarak belirlenmiştir. Entropi veri setinin düzensizliğinin ölçüsüdür ve dağılımın entropisi  $H(x) = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i$  formülü ile bulunur.

### 2.2.3. Gradyan Artırma

Gradyan artırma (GA), birçok zayıf öğreniciyi bir araya getirerek güçlü öğrenici elde etmek için kullanılmaktadır. Topluluk öğrenme ve yükseltme algoritmalarından biri olan gradyan artırma, tipik olarak karar ağaçları gibi zayıf tahmin modelleri topluluğu şeklinde bir tahmin modeli üreten regresyon ve sınıflandırma problemleri için denetimli bir makine öğrenme tekniğidir (Introduction to Machine, 2015). Her ağaçtan sonra bir iyileştirme yapmak için düğüm oluşturulmadan yaprak ile başlar. İlk tahmin ortalama değerdir. Her ağaç bir öncekinden ardışık düzende öğrenerek sığ ağaçlardan oluşan yeni modellerin eklendiği yinelemeli bir topluluk oluşturulur. Maliyet fonksiyonunu en aza indirmek için parametreler tekrarlanır. Güçlendirme aşamalarının sayısı n\_estimators 100, criterion friedman\_mse ve öğrenme oranı ( $\alpha$ ) 0.1 parametre değerleri GridSearchCV() metoduyla bulunmuştur. En iyi tahmin sonucunu bulmak için  $Loss = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} (Y - \gamma)^2$  kayıp fonksiyonu kullanılmaktadır. Başlangıç değeri için  $F_0(x) = \underset{\gamma}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^n L(x_i, \gamma)$  ile  $\gamma$  göre türev alınır.  $\gamma$  tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır.  $r_{im} = -\left[\frac{\partial L(Y_i, F(x_i))}{\partial F(x_i)}\right]_{F(x)=F_{m-1}(x)}$  ile her değer tahmin değeri arasındaki fark bulunup  $R_{jm}$  hesaplanarak ilk eğitim yapılır.  $\gamma_{jm} = \underset{\gamma}{\operatorname{argmin}} \sum_{x_i} L(x_i, F_{m-1}(x_i) + \gamma)$  ile her yaprak için çıktı değerleri bulunur.  $F_m(x) = F_{m-1}(x) + \alpha \sum_{j=1}^m \gamma_{jm} I(x \in R_{jm})$  formülü ile değerler güncellenerek önceki modelin hatalarını azaltmak için eğitim gerçekleştirilir (Wikipedia contributors, 2021).

### 2.2.4. Destek Vektör Makinesi

DVM, sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılan makine öğrenme algoritmalarıdır. Genellikle sınıflandırma problemlerinde kullanılırlar. Örneklerin uzaydaki noktalar olarak temsil edilmesidir ve ayrı kategorilerin örnekleri

olabildiğince geniş açık bir boşlukla bölünecek şekilde haritalanır. Yeni örnekler daha sonra aynı alana eşleştirilir ve boşluğun hangi tarafına denk geldiklerine bağlı olarak bir kategoriye ait oldukları tahmin edilir (Introduction to Machine, 2015). Kullanılan veriler iki boyutta doğrusal olarak ayrılabilir yapıda değildir. Boyut  $z = x^2 + y^2$  formülü ile üç boyuta yükseltilerek veriler sınıflandırılmıştır. Bu nedenle kullanılacak çekirdek türü kernel rbf olarak belirlenmiştir.

### 2.2.5. Lojistik Regresyon

LR, bir veya daha fazla açıklayıcı değişkene dayalı ikili yanıt tahmin etmek için kullanılır. Bir hedef değişkenin olasılığını tahmin etmek için kullanılan denetimli öğrenme sınıflandırma algoritmasıdır. Sonuçları tanımlayan olasılıklar, bir lojistik fonksiyon kullanılarak açıklayıcı değişkenlerin bir fonksiyonu olarak modellenir. Genelleştirilmiş doğrusal modelin özel bir durumu ve dolayısıyla doğrusal regresyona benzer bir durum olarak görülebilir (Introduction to Machine, 2015). Matematiksel olarak lojistik regresyon modeli,  $P(Y = 1)$ 'i  $X$ 'in bir fonksiyonu olarak tahmin eder.  $h(x) = P(Y = 1|X)$  hipotezi iki olasılık sonucu toplamının  $P(Y = 1|X) + P(Y = 0|X) = 1$  olmasıdır. GridSearchCV() metoduyla düzenleme parametresi 1.0 ve optimizasyon algoritması olarak saga belirlenmiştir.

### 2.2.6. Naive Bayes

NB algoritması, Bayes teoremini uygulamaya dayanan bir sınıflandırma tekniğidir. Bayes teoremi ise olasılığa dayalı sınıflandırma yöntemidir. Bayes teoremi bir sonucun sebebini ararken koşullu olasılıktan yararlanarak, sonucun hangi olasılıklarla, hangi sebeplerden kaynaklanmış olabileceğini bulmaya yardımcı olur. Test verisinden hareketle sistem öğrenmeyi gerçekleştirir ve en yüksek orana sahip olan örnek ilgili sınıfa dahil edilir. Temel fikir bir sınıftaki bir özelliğin varlığının, aynı sınıftaki diğer herhangi bir özelliğin varlığından bağımsız olduğudur (Kızılkaya ve Oğuzlar, 2018). Hesaplama kararlılığı için 'var\_smoothing': np.logspace(0,-9, num=100) parametre değeri kullanılmıştır.

Bayes teoreminin matematiksel ifadesi;  

$$P(y|x) = \frac{P(y)[P(x_1|y)P(x_2|y)...]}{P(y_1)P(x|y_1) + P(y_2)P(x|y_2)...} = \frac{P(y) \prod_{i=1}^n P(x_i|y)}{P(x)}$$
 şeklindedir. Burada  $x$ , veri setindeki her bir örneği;  $y$ , kategori sayısını göstermektedir.

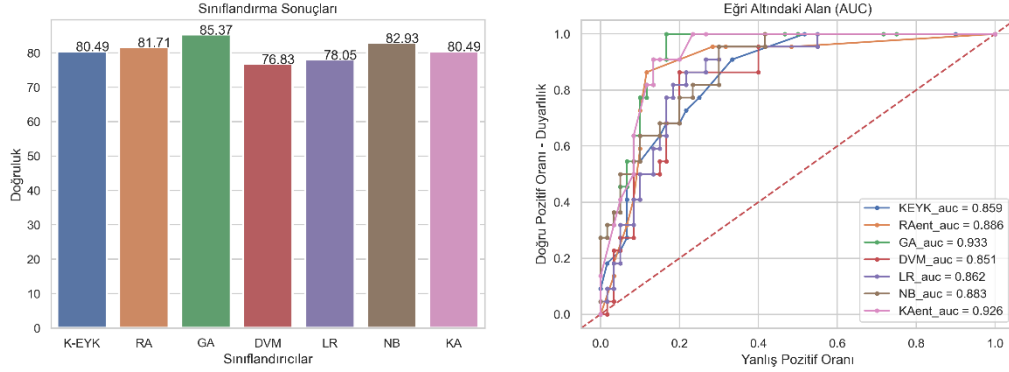
### 2.2.7. Karar Ağaçları

KA analizi birçok alanda uygulanabilen tahmine dayalı bir modelleme aracıdır. Bir kararın sonuçlarını göstermek için dallanma yapısı kullanılır. Karar ağaçları, veri setini farklı koşullara göre farklı şekillerde bölebilen algoritmik bir yaklaşımla oluşturulabilir. Kararlar, denetimli algoritmalar kategorisine giren en güçlü algoritmalarıdır. Bir kararın olası sonuçlarını haritalamak için kullanılabilir. Her düğüm olası bir sonucu temsil eder (Hurwitz ve Kirsch, 2018). Hem sınıflandırma hem de regresyon görevleri için kullanılabilirler. Veri setinde bölünmenin kalitesini ölçmek için entropy parametresi kullanılmıştır. En ayırt edici özellik entropi ( $H(x) = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i$ ) ile bulunur ve kök olarak belirlenir. Daha sonra çocuk ve alt veri kümesi bulunur.

### 3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmada kullanılan her makine öğrenmesi algoritması için doğruluk, hata oranı, hassasiyet, duyarlılık, özgüllük, F1 skoru, Eğri Altında Kalan Alan (AUC) sınıflandırma metrikleri

hesaplanmıştır. Şekil 2'de görülen değerlendirme sonuçlarına göre GA %85.37, NB %82.93, RA %81.71 olarak en iyi doğruluk değerlerine ulaşılırken, K-EYK %80.49, KA %80.49, LR %78.05, DVM %76.83 ile daha kötü doğruluk değerleri elde edilmiştir. AUC değeri sırasıyla GA, NB, RA, K-EYK, KA, LR, DVM için 0.933, 0.883, 0.886, 0.859, 0.926, 0.862 ve 0.851 olarak elde edilmiştir.



Şekil 1. Sınıflandırma doğruluk ve AUC sonuçları

### 4. Sonuç

Makine öğrenmesi, çeşitli alanlarda çok sayıda problemin üstesinden gelmeye yardımcı olmak için etkili yöntemler, teknikler ve araçlar sunmaktadır. Çoğu alanda olduğu gibi tıp alanında da teşhis ve tedavi süreçlerinde klinik verilerin değerlendirilmesinde makine öğrenmesi kullanılabilir. Bu alanlardan birisi de prostat kanseridir. Literatürde yapılmış önceki çalışmalarda çoğunlukla RA algoritmasının daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Bu çalışmada prostat kanseri olan hastalara ait klinik veriler üzerinde makine öğrenmesi algoritmaları ile tümörlü tümörsüz durumu sınıflandırılmış ve Gradyan artırma algoritması daha iyi performans göstermiştir. Lee vd. (2020) tarafından yapılan 5 yıllık hayatta kalma analizinde de %74 doğruluk ile Gradyan artırma algoritması daha iyi doğruluk sağlamıştır. Klinik verilerle yaptığımız çalışmada sıklıkla kullanılan yedi sınıflandırıcı arasında Gradyan artırma algoritması ile %85.37 doğrulukla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

### Kaynakça

Auffenberg, G. B., Ghani, K. R., Ramani, S., Usoro, E., Denton, B., Rogers, C., ... & Collaborative, M. U. S. I. (2019). *askMUSIC: leveraging a clinical registry to develop a new machine learning model to inform patients of prostate cancer treatments chosen by similar men*. *European urology*, 75(6), 901-907.

Deng, K., Li, H., & Guan, Y. (2020). *Treatment stratification of patients with metastatic castration-resistant prostate cancer by machine learning*. *Iscience*, 23(2), 100804.

Eltanashi, S., & Atasoy, F. (2020). *Proposed speaker recognition model using optimized feed forward neural network and hybrid time-mel speech feature*. *ICATCES 2020 Proceeding Book*, 130-140.

Gao, J., Aksoy, B. A., Dogrusoz, U., Dresdner, G., Gross, B., Sumer, S. O., Sun, Y., Jacobsen, A., Sinha, R., Larsson, E., Cerami, E., Sander, C., & Schultz, N. (2013).

Ge, P., Gao, F., & Chen, G. (2015, August). *Predictive models for prostate cancer based on logistic regression and artificial neural network*. In 2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (pp. 1472-1477). IEEE.

Goldenberg, S. L., Nir, G., & Salcudean, S. E. (2019). *A new era: artificial intelligence and machine learning in prostate cancer*. *Nature Reviews Urology*, 16(7), 391-403.

Grossman, Robert L., Heath, Allison P., Ferretti, Vincent, Varmus, Harold E., Lowy, Douglas R., Kibbe, Warren A., Staudt, Louis M. (2016). *Toward a Shared Vision for Cancer Genomic Data*. *New England Journal of Medicine* 375:12, 1109-1112

Hurwitz, J., & Kirsch, D. (2018). *Machine learning for dummies*. IBM Limited Edition, 75.

*Integrative Analysis of Complex Cancer Genomics and clinical profiles using the cBioPortal*. *Science Signaling*, 6(269). <https://doi.org/10.1126/scisignal.2004088>

Introduction to Machine Learning The Wikipedia Guide (p. 427). (2015). [https://www.datascienceassn.org/sites/default/files/Introduction to Machine Learning.pdf](https://www.datascienceassn.org/sites/default/files/Introduction%20to%20Machine%20Learning.pdf)

Karunamuni, R. A., Huynh-Le, M. P., Fan, C. C., Thompson, W., Eeles, R. A., Kote-Jarai, Z., ... & Practical Consortium. (2021). *African-specific improvement of a polygenic hazard score for age at diagnosis of prostate cancer*. *International Journal of Cancer*, 148(1), 99-105.

Kaur, I., Doja, M. N., & Ahmad, T. (2020). *Time-range based sequential mining for survival prediction in prostate cancer*. *Journal of Biomedical Informatics*, 110, 103550.

Kızılkaya, Y. M., & Oğuzlar, A. (2018). *Bazı denetimli öğrenme algoritmalarının R programlama dili ile kıyaslanması*. *Dergi Karadeniz*, 37(37), 90-98. <https://doi.org/10.17498/kdeniz.405746>

Lasheras, J. E. S., Lasheras, F. S., Donquiles, C. G., Tardón, A., Castaño-Vinyals, G., Palazuelos, C., ... & de Cos Juez, F. J. (2021). *Hybrid algorithm for the classification of prostate cancer patients of the MCC-Spain study based on support vector machines and genetic algorithms*. *Neurocomputing*, 452, 386-394.

- Lee, S. J., Yu, S. H., Kim, Y., Kim, J. K., Hong, J. H., Kim, C. S., ... & Choi, I. Y. (2020). *Prediction system for prostate cancer recurrence using machine learning*. *Applied Sciences*, 10(4), 1333.
- Machine learning with python tutorial in PDF. (n.d.). Retrieved September 28, 2021, from [https://www.tutorialspoint.com/machine\\_learning\\_with\\_python/machine\\_learning\\_with\\_python\\_pdf\\_version.htm](https://www.tutorialspoint.com/machine_learning_with_python/machine_learning_with_python_pdf_version.htm).
- Murtojärvi, M., Halkola, A. S., Airola, A., Laajala, T. D., Mirtti, T., Aittokallio, T., & Pahikkala, T. (2020). *Cost-effective survival prediction for patients with advanced prostate cancer using clinical trial and real-world hospital registry datasets*. *International journal of medical informatics*, 133, 104014.
- Nitta, S., Tsutsumi, M., Sakka, S., Endo, T., Hashimoto, K., Hasegawa, M., Hayashi, T., Kawai K., & Nishiyama, H. (2019). *Machine learning methods can more efficiently predict prostate cancer compared with prostate-specific antigen density and prostate-specific antigen velocity*. *Prostate international*, 7(3), 114-118.
- Regnier-Coudert, O., McCall, J., Lothian, R., Lam, T., McClinton, S., & N'Dow, J. (2012). *Machine learning for improved pathological staging of prostate cancer: a performance comparison on a range of classifiers*. *Artificial intelligence in medicine*, 55(1), 25-35.
- SEER (n.d.). Surveillance, epidemiology, and end results program. Retrieved October 1, 2021, from <https://seer.cancer.gov/>.
- Shalev, S. & David, B. (2014). *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 258-267.
- Smiti, A. (2020). *When machine learning meets medical world: Current status and future challenges*. *Computer Science Review*, 37, 100280.
- Srivenkatesh, M. (2020). *Prediction of prostate cancer using machine learning algorithms*. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 5353-5362.
- Syed, K., Sleeman, W., Soni, P., Hagan, M., Palta, J., Kapoor, R., & Ghosh, P. (2021). *Machine-learning models for multicenter prostate cancer treatment plans*. *Journal of Computational Biology*, 28(2), 166-184.
- Tasdelen, A., & Sen, B. (2021). *A hybrid CNN-LSTM model for pre-miRNA classification*. *Scientific Reports*, 11(1), 1-9.
- U.S. National Library of Medicine. (n.d.). *National Center for Biotechnology Information*. Retrieved October 1, 2021, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- Weinstein, J. N., Collisson, E. A., Mills, G. B., Shaw, K. R., Ozenberger, B. A., Ellrott, K., Shmulevich, I., Sander, C., & Stuart, J. M. (2013). *The cancer genome Atlas Pan-Cancer Analysis Project*. *Nature Genetics*, 45(10), 1113-1120. <https://doi.org/10.1038/ng.2764>
- Wen, H., Li, S., Li, W., Li, J., & Yin, C. (2018, December). *Comparison of four machine learning techniques for the prediction of prostate cancer survivability*. In 2018 15th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP) (pp. 112-116). IEEE.
- Wikipedia contributors. (2021, October 17). *Gradient boosting*. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Gradient\\_boosting](https://en.wikipedia.org/wiki/Gradient_boosting).
- Xiao, L. H., Chen, P. R., Gou, Z. P., Li, Y. Z., Li, M., Xiang, L. C., & Feng, P. (2017). *Prostate cancer prediction using the random forest algorithm that takes into account transrectal ultrasound findings, age, and serum levels of prostate-specific antigen*. *Asian journal of andrology*, 19(5), 586.





# Doğrusal Tamsayı Programlama Problemlerinin Çözümü İçin Yeni Alternatif Bir Algoritma

Kadriye Şimşek Alan<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6751-8013), [ksimsek@yildiz.edu.tr](mailto:ksimsek@yildiz.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1019251)

**ATIF/REFERENCE:** Şimşek Alan, K. (2021). Doğrusal Tamsayı Programlama Problemlerinin Çözümü İçin Yeni Alternatif Bir Algoritma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 93-98.

## Öz

Bu çalışmada doğrusal bir amaç fonksiyonuna ve doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden oluşan kısıtlara sahip olan Doğrusal Tamsayı Programlama (DTP) Problemlerinin çözümü için yeni alternatif bir yöntem ve yeni alternatif bir algoritma sunulmaktadır. Yöntemimiz basit cebirsel işlemler ve matematik programlamaya dayanmaktadır. Doğrusal Tamsayı Programlama Problemlerinin çözümünde kullanılan pek çok yöntem olmasına rağmen, bu yöntemlerin birçoğu uygulamada ve hesaplamada bazı güçlüklerle sahiptir. Bu güçlüklerle sahip olmayan yöntemimiz, diğer yöntemlere göre problemin sahip olduğu değişken sayısına daha az hassastır. Bundan dolayı da çok sayıda değişkene sahip olan gerçek yaşam problemlerinin çözümünde de kullanılabilir. Ayrıca verilen problemin tüm alternatif çözümlerini de karar vericiye sunar. Önerilen yöntemin nasıl uygulandığını gösteren bir sayısal örnek verilerek Maple programlama dilinde kodlaması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrusal tamsayı programlama, Doğrusal Diophantine denklemi, Optimum değer, Optimum çözüm, Optimal hiperdüzlem.

## A Novel Alternative Algorithm for Solving Linear Integer Programming Problems

### Abstract

In this study, a novel alternative method and a novel alternative algorithm are presented for the solution of Linear Integer Programming Problems that have a linear objective function and constraints consisting of linear equations or inequalities. Our method is based on simple algebraic operations and mathematical programming. Although there are many methods used in solving Linear Integer Programming Problems, most of these methods have some difficulties in application and computation. Our method, which does not have these difficulties, is easy to implement and less sensitive to the number of variables for the problem than other methods. Therefore, it can also be used in solving real-life problems that have a large number of variables. It also presents all alternative solutions to the given problem to the decision maker. A numerical example showing how the proposed method is applied is given and coded in the Maple programming language.

**Keywords:** Integer linear programming, Linear Diophantine equations, Integer programming problems, Optimal solution.

\* Sorumlu Yazar: [ksimsek@yildiz.edu.tr](mailto:ksimsek@yildiz.edu.tr)

## 1. Giriş

Doğrusal Programlama (DP), karar vericinin mevcut sınırlı kaynaklardan en iyi şekilde yararlanmak istediği üretim planlama ve karar verme gibi birçok alanda kullanılan matematiksel programlamanın bir alanıdır. Doğrusal programlama (DP) problemi, bir DP problemindeki karar değişkenlerinin kesirli değerler alabileceği, gerçek yaşam problemlerine en uygun çözümü verimli bir şekilde bulmayı amaçlar. Ancak gerçek hayattaki birçok uygulamada; karar değişkenlerinin kesirli değerlerinin kullanılması makul ve gerçekçi değildir. Bundan dolayı, gerçek yaşam problemlerinin çözümünde, Tamsayılı doğrusal programlama (TDP) kullanılır ve tamsayılı doğrusal programlama (TDP), yönetsel kararları desteklemek için tamsayı değişkenleri içeren bir dizi doğrusal kısıtlamaya sahip olan doğrusal bir fonksiyonu optimize etmeyi amaçlar.

TDP problemleri, uygulama alanına bağlı olarak değişkenlerin bir kısmının veya tamamının tamsayı olması ile temsil edilebilir. Tamsayılı programlama “Kesikli optimizasyon” veya “Kombinatorik Optimizasyon” olarak da adlandırılır. Doğrusal programlama problemlerini çözmek için Simplex yöntemi geleneksel etkili bir yöntem olmasına rağmen TDP problemlerinin çözümünde henüz böyle etkili, kullanışlı bir yöntem bulunmuş değildir. İlk bakışta TDP problemlerinin çözümü DP problemlerinin çözümünden daha kolay görünmesine rağmen daha zordur ve tamsayılı programlama problemlerinin optimal çözümünü bulmak kolay değildir. Ancak buna rağmen yine de TDP bir çok araştırmacının ilgi odağı olmuştur ve bir çok bilim insanı bu alanda çalışmalar yapmıştır.

Bu araştırmacıardan biri olan Gomory, ilk olarak 1958'de DTP problemlerini çözmek için Gomory kesme düzlemi adı verilen bir yöntem geliştirdi (Gomory, 1958). Yöntem, bir DP probleminin çözümü ile başlar. Bulunan çözüm bir tamsayı ise optimal çözümdür. Değilse, çözümdeki kesirli değişkenler üzerinde oluşturulan doğrusal bir kısıt eklenerek tamsayılı bir çözüm aranır. DP problemlerinin çözümünde en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan dal sınırı yöntemi ise 1960 yılında Land ve Doig tarafından (Land ve Doig, 1960) tarafından geliştirilmiştir.

Joseph, genel DTP probleminin çözümünde uç noktaların rolünü araştırdı ve uç noktaların optimal DTP çözümüne katkısını belirlemek için doğrusal bir programlama formülasyonu verdi ve ayrıca DTP'nin bir parametrik formülasyonunu da sundu (Joseph, 1995). Pandian ve Jayalakshmi ise DTP problemlerinin çözümü için, değişken indirgeme yöntemi olarak da adlandırılan bir yöntem geliştirmiştir (Pandian ve Jayalakshmi, 2012). Tsai ve arkadaşları genel bir DTP probleminin tüm çözümlerini bulmak için, küresel bir optimizasyon yaklaşımı önerdi ve ayrıca bir DTP problemine optimum çözümler bulmak için bir algoritma geliştirdi (Tsai ve ark., 2008). Muhammed ve Said saatlik gereksinim kalıpları ile bir genel personel çizelgeleme problemini aldı ve bunu bir doğrusal programlama problemi olarak formüle etti (Mohammed ve Said, 2013). DTP problemlerini çözmek için son 50 yılda geliştirilen tekniklerin bir incelemesini ise Genova ve Guliashki yapmıştır (Genova ve Guliashki, 2011). Hossain ve Hasan, sütun oluşturma yöntemine dayalı büyük ölçekli bir tamsayılı programlama problemini çözmek için bir algoritma geliştirmiş ve geliştirdikleri algoritmayı sermaye bütçelemesi ve planlamasını çözmek için kullanmışlardır (Hossain ve Hasan, 2013). Öte yandan Shinto ve Susmaha, Lineer Diophantine Denklemi kavramını kullanarak, Gevşek Doğrusal Programlamadan (GDP) elde edilen yaklaşık çözümün DTP için

bir optimal bir çözüm olup olmadığını inceleyen bir test geliştirmişlerdir. Buna ek olarak, GDP'den elde edilen yaklaşık çözüm optimalite koşullarını sağlamasa bile DTP probleminin optimal çözümüne ulaşmak için dal-sınır yönteminin bir modifikasyonunu vermiştir (Shinto ve Susmaha, 2013). Bertsimas ve arkadaşları, TDP problemlerinin çözümü için cebirsel geometriye dayalı bir algoritma önermiş ve Farkas Lemma için doğal bir genelleme sağlamıştır (Bertsimas ve ark., 2000). Yöntem, duyarlılık analizi yapmak için doğal bir yol sağlar. Bu yol aynı zamanda tüm uygulanabilir çözümlerin sistematik sıralamasını ve uygun tamsayılı programlama setinin yapısal bilgilerini verir. Tantawy, bir TDP problemini Gomory kesme düzlemi yöntemini kullanarak çözmek için eşlenik gradyan projeksiyon yöntemine dayalı yeni bir prosedür önerdi (Tantawy, 2014). Dang ve Ye, tamsayılı programlama için "sabit nokta yinlemeli yöntem" olarak adlandırılan alternatif bir yöntem geliştirdi (Dang ve Ye, 2015). Pedrosa DTP problemlerini çözmek için, değişkenleri tamsayılı altküme ve sürekli altküme ayırma stratejisine dayanan evrimsel bir algoritma tanıttı (Pedrosa, 2002) Şimşek Alan ve arkadaşları, TDP problemlerinin çözümü için parametrelere dayalı, uygulaması kolay ve kullanışlı alternatif bir yöntem geliştirmiş ve iki değişkenli DTP problemlerinin çözümü için alternatif bir algoritma sunmuşlardır (Şimşek Alan ve ark., 2019). Şimşek Alan, sadece iki değişkenli DTP problemlerinin çözümü için uygulanan bu yöntemi üç değişkenli DTP problemlerinin çözümü için geliştirerek, kullanışlı alternatif bir algoritma sunmuştur (Şimşek Alan, 2020). Bilindiği gibi bir tamsayılı programlama probleminde değişken sayısı çok önemlidir. Değişken sayısı arttıkça problemin çözümündeki işlem yükü önemli ölçüde artar ve işlem süresi uzar. Bunun sonucunda da bilinen klasik yöntemlerin uygulanabilirliği düşer. Bu durum hem büyük boyutlu DT problemlerinin modellenmesinde hem de bu modellerin problem çözümünde kullanılmasında, etkin ve hızlı çalışan algoritmalar gereksinimini beraberinde getirmiştir.

Bu nedenle, bu çalışmada DTP problemlerini çözebilecek ve hesaplama zorluklarını aşabilecek bir yöntem önerilmiş ve kullanışlı alternatif bir algoritma sunulmuştur. Ayrıca önerilen yöntem verilen bir sayısal örneğe uygulanarak Maple programlama dilinde kodlanmıştır.

## 2. Gerekli bilgiler

Bu bölümde, gerekli kısa bilgiler sunulmaktadır.

**Tanım 1:** Bir DTP probleminin matematiksel formülasyonu aşağıda açıklanmıştır:

$$P_1: \begin{cases} \text{Max(Min)} \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \\ x_j \geq 0 \text{ ve tamsayı, } (i = 1, 2, \dots, m) \end{cases}$$

(Chen, 2011).

**Tanım 2:** Objektif hiper düzlemi düşünün

$$\sum c_j x_j = z,$$

Burada  $c_j \in Z$ , tamsayılarda doğrusal bir Diophantine denklemdir.  $d = \text{gcd}(c_j, c_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, n)$  olsun. Bir Diophantine denkleminin yalnızca ve ancak  $d|z$  ise bir tamsayı çözümüne sahiptir. Ek olarak, doğrusal bir Diophantine

denkleminin bir tamsayı çözümü varsa, bu denklem için sonsuz sayıda çözüm olacaktır (Schrijver, 1986)

**Teorem 1:**  $(x_1, x_2, \dots, x_n, z)$  problemin çözümüdür ancak ve ancak  $(x_1, x_2, \dots, x_n) P_1$ 'in tüm kısıtlamalarını sağlar (Schrijver, 1986).

### 3. Tamsayılı Doğrusal Programlama Problemini Çözmek İçin Önerilen Algoritma

#### 3.1. Çözüm Algoritmasının Adımları

Çözüm algoritmamız aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

**Adım 0:**  $P_1$  problemini yükle.

**Adım 1:** Gevşetilmiş doğrusal programlama  $P_1$  problemini çöz.

**Adım 1':** Optimal çözüm tamsayı ise optimal çözüm bulunmuştur. Dur. aksi durumda 2. adıma git.

**Adım 2:** Optimal değeri  $z$ 'in tamsayı kısmını  $\sum_{j=1}^n c_j x_j$  ifadesine

eşitleyerek  $\sum_{j=1}^n c_j x_j = Z$  denkleminin oluştur.

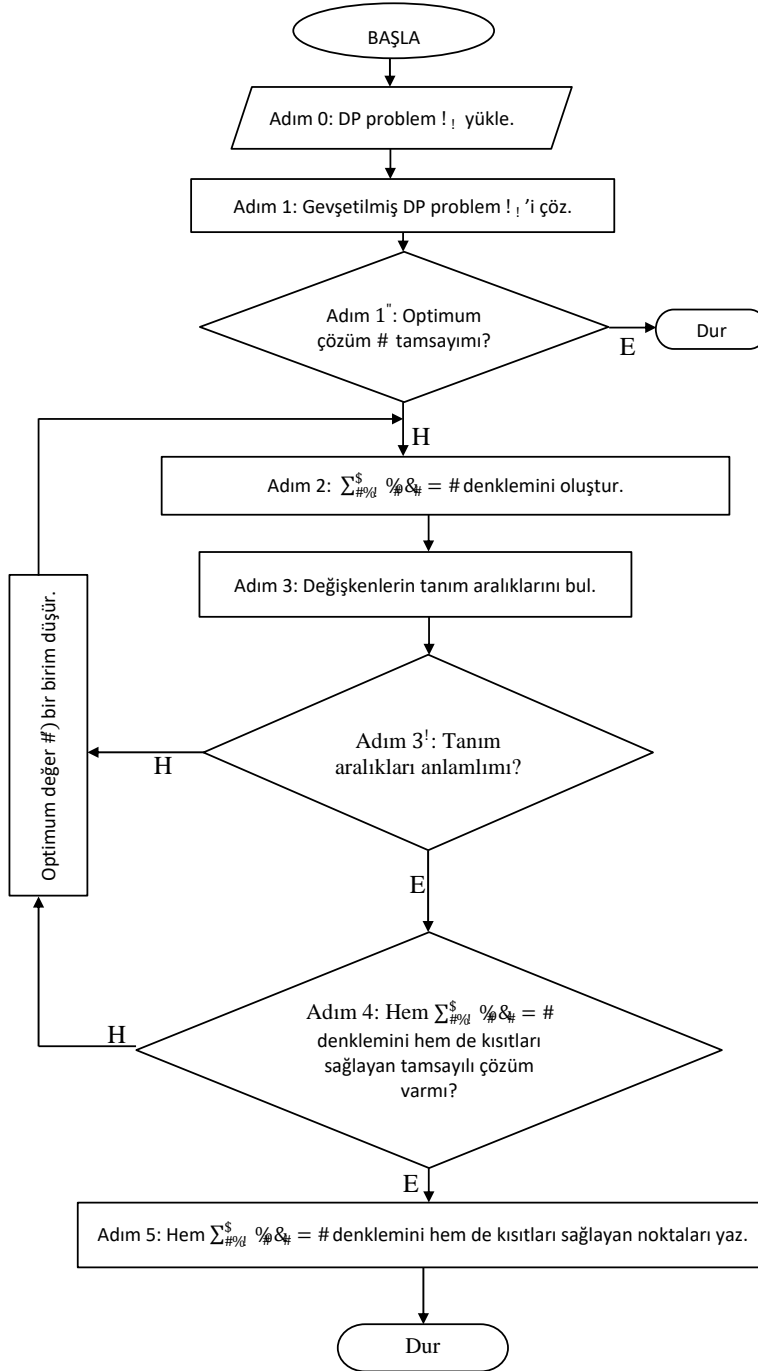
**Adım 3:** Verilen DTP probleminin amaç fonksiyonunu ve kısıtlarını kullanarak herbir değişkenin tanım aralığını bul.

**Adım 3':** Bulunan tanım aralıkları anlamlı mı? Eğer anlamlıysa 4. adıma git. Anlamlı değilse optimal değer  $z$ ' maksimum (minimum) probleminde bir birim düşür (arttır) ve 2. Adıma git.

**Adım 4:** Bulunan bu tanım aralıklarına göre hem oluşturulan Diophantine denklemini hem de kısıtları sağlayan tamsayılı çözüm var mı? Eğer böyle tamsayılı çözümler varsa, optimum çözüm bulunmuştur, 5. Adıma git. Eğer yoksa optimal değer  $z$ ' maksimum (minimum) probleminde bir birim düşür (arttır) ve 2. Adıma git.

**Adım 5:** Hem verilen DTP problemlerini sağlayan hem de de kısıtları sağlayan tamsayılı çözümleri yaz.

**Adım 6:** Dur.



Şekil 1: Önerilen çözüm yönteminin algoritması



### 3.2. Sayısal Örnek

**Örnek 1.** Aşağıda verile DTP problemini çözelim.

$$\begin{aligned} \text{Maks. } z &= 3x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 \\ x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 &\leq 4 \\ 7x_1 + 3x_3 + 2x_4 + x_5 &\leq 8 \\ 11x_1 - 6x_2 + 3x_3 - 3x_5 &\geq 4 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0 &\text{ ve tamsayı} \end{aligned}$$

**Adım 0:** Maks.  $z = 3x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5$

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 &\leq 4 \\ 7x_1 + 3x_3 + 2x_4 + x_5 &\leq 8 \\ 11x_1 - 6x_2 + 3x_3 - 3x_5 &\geq 4 \end{aligned}$$

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0$  ve tamsayı.

**Adım 1:** Gevşetilmiş DP problem  $P_1$  çözümlerse, optimal çözüm  $P_1: (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = (1.0598, 1.1364, 0, 0, 0.623)$  ve optimal değer  $z = 7.25$  bulunur.

**Adım 2:**  $3x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5$  ifadesi 7 değerine eşitlenirse  $3x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 7$  Diophantine denkleminde elde edilir.

**Adım 3:** Kısıtlardan, değişkenlerin tanım aralıkları  $0 \leq x_1 \leq 1, 0 \leq x_2 \leq 4, 0 \leq x_3 \leq 2, 0 \leq x_4 \leq 2, 0 \leq x_5 \leq 1$  olarak elde edilir.

**Adım 4:**  $3x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 7$  Diophantine denklemini sağlayan tamsayı çözüm yok. Bu nedenle optimal değer 7, bir birim düşürülerek 6 alınır ve 2. Adıma gidilir. Daha sonra  $x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 6$  denkleminde oluşturulur. Verilen algoritmanın adımları uygulanırsa, bu denkleminde de sağlayan tamsayı çözüm olmadığı görülür. Bundan dolayı, optimal değer, bir birim daha düşürülür ve 2. Adıma gidilir ve  $x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 5$  denkleminde oluşturulur.

**Adım 5:** Değişkenlerin tanım aralıklarına göre, hem  $x_1 + 2x_2 - 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 5$  Diophantine denkleminde hem de kısıtları sağlayan tamsayı nokta  $(1, 1, 0, 0, 0)$  noktasıdır.

**Adım 6:** Dur.

### 3.3. Örnek 1'in Maple Programlama Dilinde Kodu

Örnek 4.1'in Maple programlama dilindeki kodlaması aşağıdaki gibidir.

```
> #print ("a=", 7-s);
for x1 from 0 to 1 do;
for x2 from 0 to 4 do;
for x3 from 0 to 2t do;
for x4 from 0 to 2 do;
for x5 from 0 to 1 do;
M:=3*x1+2*x2-5*x3-2*x4+3*x5;
d1:=x1+x2+x3+2*x4+x5;
d2:=7*x1+3*x3-4*x4+3*x5;
d3:=11*x1-6*x2+3*x4-3*x5;
if ( (M=7-s) and (d1<=4) and (d2<=8) and (d3>=3) ) then
aa:=0;
print ( "Maksimum Deger", 7-s, "Optimum çözüm"
(x1,x2,x3,x4,x5));
else end if;
end do;
```

end do;  
end do;  
end do;  
end do;  
end do;

aa := 1

"Maksimum Değer", 5, "Optimum çözüm"(1, 1, 0, 0, 0)

### 4. Sonuç

Bu çalışmada, DTP problemlerinin çözümü için yeni iteratif bir yöntem geliştirilmiş ve kolay uygulanabilir alternatif bir algoritma sunulmuştur. Bu çalışmada önerilen yöntemimizin DTP problemlerinin çözümünde kullanılan diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında, diğer yöntemlere göre birçok avantajı vardır ve bu avantajları aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

1. DTP problemleri, hesaplama ve işlem süresi açısından karmaşık problemlerdir. Yöntemimiz diğer yöntemlere göre daha kolay uygulanabilir ve daha kısa sürede sonuca ulaşır.

2. Tamsayı programlamada hesaplamaları etkileyen en önemli faktör değişken sayısıdır. Grafik Yöntemi sadece iki değişkenli DTP problemlerine uygulanabilir. Dal-sınırı ve düzlem kesme algoritmaları gibi yöntemler değişken sayısı arttıkça kullanışlılığını ve uygulanabilirliğini kaybetmektedir. Yöntemimiz, bu yöntemlere göre değişken sayısına daha az hassastır ve daha fazla değişken içeren DTP problemlerinin çözümünde kullanılabilir.

3. Dal-sınırı ve yuvarlama gibi yöntemlerde olası optimal çözümler göz ardı edilebilir, ancak bizim yöntemimizde hiçbir optimal çözüm göz ardı edilmez. Ayrıca problemin tüm alternatif çözümleri bulunarak, karar vericiye sunulur.

4. Bizim yöntemimiz de hiçbir yeni kısıt eklenmez.

### 5. Teşekkür

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2021-4032

### Kaynakça

- Bertsimas, D., Perakis, G., Tayur, S. (2000). A new algebraic geometry algorithm for integer programming. *Management Science*, 46(7), 999-1008.
- Chen, D. S., Batson, R. G., Dang, Y. (2015). Applied integer programming: modeling and solution, pp. 3-4. John Wiley & Sons, New Jersey, 2011.
- Dang, C., Y. Ye. (2015). A fixed point iterative approach to integer programming and its distributed computation. – Fixed Point Theory and Applications. 182, 1-15.
- Genova, K., Guliashki, V. (2011). Linear integer programming methods and approaches—a survey. – *Journal of Cybernetics and Information Technologies*, 11(1), 1-23.
- Gomory, Ralph E. (1958) Outline of an Algorithm for Integer Solutions to Linear Programs. Bull. Amer. Math. Soc. 64(5): 275-278.
- Hossain, M. I., Hasan, M. B. (2013). A Decomposition Technique For Solving Integer Programming Problems. *GANIT: Journal of Bangladesh Mathematical Society*, 33, 1-11.

- Joseph, A. (1995). Parametric formulation of the general integer linear programming problem. – *Computers & operations research*, 22(3), 883-892.
- Mohamad, N. H., & Said, F. (2013). Integer linear programming approach to scheduling toll booth collectors problem. *Indian Journal of Science and Technology*, 6(5), 4416-4421.
- Pandian, P., & Jayalakshmi, M.(2012). A New Approach for solving a Class of Pure Integer Linear Programming Problems. *Journal of Advanced Engineering Technology*, 3, 248-251.
- Pedroso, J. P. (2002). An evolutionary solver for pure integer linear programming. *International Transactions in Operational Research*, 9(3), 337-352.
- Schrijver, A.(1986). “Theory of Linear and Integer Programming”, *John Wiley & Sons Ltd*.
- Shinto, K. G., & Sushama, C.M. (2013). An Algorithm for Solving Integer Linear Programming Problems. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 37-47.
- Simsek Alan, K., Albayrak, I., M., Sivri, M., Guler, C. (2019). An Alternative Algorithm for Solving Linear Programming Problems Having Two Variables, – *International Journal of Applied Information Systems*. 12 (25), 6-9.
- Simsek Alan, K. (2020). An Novel Algorithm for Solving Linear Programming Problems Having Three Variables. *J. Cyber. and Inform. Technologies* 20 (4), 27-35.
- Tantawy, S. F. (2014). A new procedure for solving integer linear programming problems. – *Arabian Journal for Science and Engineering*. 39 (6), 5265-5269.
- Tsai, J. F., Lin, M. H., Hu, Y. C. (2008). Finding multiple solutions to general integer linear programs. – *European Journal of Operational Research*, 184(2), 802-809.



# Bölge Büyütmeli ve Kümeleme Tabanlı Yöntemler ile 3 Boyutlu Nokta Bulutlarının Bölütlenmesi

Hüseyin Bozkurt<sup>1</sup>, Rifat Kurban<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Yozgat Bozok Üniversitesi, Sorgun Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Yozgat, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4500-4561)

<sup>2</sup> Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0277-2210)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1012062)

**ATIF/REFERENCE:** Bozkurt, H., Kurban, R. (2021). Bölge Büyütmeli ve Kümeleme Tabanlı Yöntemler ile 3 Boyutlu Nokta Bulutlarının Bölütlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 99-104.

## Öz

Endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti yaklaşımı ile birçok sektörde geleneksel otomasyon yaklaşımı yerini görüntü işleme temelli yapay zekâ tekniklerine bırakmıştır. Teknolojik gelişmeler beraberinde yeni ihtiyaçları da getirmiştir. Bundan dolayı 2 boyutlu (2B) görüntü bölütleme problemlerinin yerini artık 3 boyutlu (3B) nokta bulutu bölütleme problemleri almıştır. 3B nokta bulutları görüntü işleme teknikleri olmaksızın makineler için bir anlam ifade etmez. Verilerin amaca uygun olarak işlenmesi ve sonrasında yorumlanması gerekir. Bu çalışması amacı, açık kaynak kodlu nokta bulutu kütüphanesi (PCL)'nin içerdiği 3B nokta bulutu bölütleme yöntemlerinin tanıtılması ve birbirleri ile farklı kriterlere göre kıyaslanmasıdır. Buna ek olarak, bu yöntemlerin varsayılan parametre değerlerinde değişiklikler yapılarak daha iyi sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır. Tüm yöntemler, varsayılan parametre değerleri ve belirlenen yeni parametre değerleri ile test edilerek farklı kriterlere göre kendi içinde ve diğerleri ile kıyaslanmıştır. Gerçekleştirilen deneylerde, bölge büyütmeli bölütleme yöntemlerinin bölütleme başarısının yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca küme tabanlı bölütleme yöntemi olan öklid küme çıkarımı yönteminin ise diğer yöntemlere göre daha hızlı sonuç ürettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Nokta bulutu kütüphanesi, 3 boyutlu nokta bulutlarının bölütlenmesi, 3 boyutlu algılayıcılar.

## Segmentation of 3-Dimensional Point Clouds with Region-Growing and Clustering Based Methods

### Abstract

By using Industry 4.0 and the Internet of Things approaches, the traditional automation systems in many sectors have left its place to artificial intelligence techniques based on image processing. Technological developments have brought with new requirements and needs. Therefore, 2-dimensional (2D) image segmentation problems have now been replaced by 3-dimensional (3D) point cloud segmentation problems. 3D point clouds are meaningless to machines without image processing techniques. The visual data must be processed and then analysed. The aim of this study is to introduce the 3D point cloud segmentation methods included in the open-source point cloud library (PCL) and compare them with each other according to different criteria. In addition, it is aimed to obtain better results by making changes in the default parameter values of these methods. All methods are tested with the default parameter values and the optimized parameter values and compared within themselves and with others according to different criteria. In the experiments, it was observed that the segmentation success of the region augmentation segmentation methods is higher than others. In addition, it is seen that the Euclidean cluster extraction method, which is a cluster-based segmentation method, produces faster results than other methods.

**Keywords:** Point cloud library, 3D point clouds segmentation, 3D sensors.

\* Sorumlu Yazar: Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0277-2210, [rifatkurban@kayseri.edu.tr](mailto:rifatkurban@kayseri.edu.tr)

## 1. Giriş

Günümüz teknolojisinde birçok uygulama alanı bulunan görüntü işleme yöntemlerinin giriş verisi olan görüntülere, farklı metodların uygulanabilmesi için ön işlemlere tabi tutulmaları gerekmektedir[1]. Son yıllarda gelişen teknoloji ile görüntü işleme üzerine yapılan çalışmaların sayısı ve kaliteleri artmıştır. Birçok sektörde görüntü işleme sayesinde insan eli değmeden makineler ile gerekli işlemler yapılmakta olup teknolojik gelişmeler beraberinde yeni ihtiyaçları da getirmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile 2B görüntülerin yerini artık 3B görüntüler almıştır[2]. 2B görüntü işleme bazı alanlarda yetersiz kalmış olup teknolojinin gelişmesi ile 3B görüntülerin işlenmesi kaçınılmaz olmuştur. Özellikle LIDAR ve Microsoft Kinect algılayıcılar ile 3B nokta bulutları farklı amaçlar için kolaylıkla elde edilebilmektedir. Nokta bulutu verilerini işlemek için bir kütüphaneye ihtiyaç duyulmaktadır. PCL 2011 yılında tanıtılmıştır[3]. Bu kütüphane; 3B algılama, işleme ve farklı birçok işlem için son teknoloji algoritmalar içerir. Donanım ve PCL'nin gelişimi ile nokta bulutlarının işlenmesi, diğer alanlarda olduğu gibi robotik alanında da oldukça fazla ilerleme kaydetmiştir.

Nokta bulutlarının ön ve arka kısım olarak bölütlenmesi 3B nokta bulutu işlemede bir temel adımdır. Verilen nokta bulutu için hedeflenen bölütleme işlemi, benzer karakteristiği olan noktaları homojen bölgelere kümeleme işlemidir. Bu ayrılmış alanlar anlamlı olmalıdır. Bölütleme işlemi sahne verilerini; konumlandırma, nesnelere tanıma, sınıflandırma ve özellik çıkarma gibi farklı yönleriyle analiz ederek yardımcı olabilir. Bilgisayar grafiklerinde 3B modelleri fonksiyonel olarak anlamlı bölgelere ayırmak için oldukça yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bunun genel yolu, girdi verisinden bir graf oluşturmak ve normal yön, pürüzsüzlük ya da içbükey sınırlar boyunca olan bilgileri kullanarak bir bölütleme yapmak için grafi kümelemektir. Bununla birlikte dışbükey ayrışma, sınır analizi, hiyerarşik kümeleme, bölge büyümeli ve hayali kümeleme gibi problemler için çeşitli metodlar önerilmiştir[4].

3B nokta bulutlarının bölütlenmesi için önerilen kategorize edilmiş 5 adet yöntem vardır. Bunlar; kenar tabanlı yöntemler, bölge tabanlı yöntemler, nitelik tabanlı yöntemler, model tabanlı yöntemler ve graf tabanlı yöntemler. Kenar tabanlı yöntemde, kenarlar nesnelere karakteristiğini tanımlar. Bu yöntem, bölütlenmiş bölgeleri elde etmek için nokta bulutundaki birçok sınırı belirler. Bu yöntemlerin ana prensibi noktaları hızlı bir biçimde yoğunluğa göre yerleştirmeleridir[4]. Bölge tabanlı yöntem, komşuluk bilgilerini kullanarak yakındaki benzer özelliklere sahip noktaları birleştirir ve dolayısıyla bölgeler arasındaki farklılığı bulur. Kenar tabanlı yöntemde göre daha doğru çalışır ve kendi arasında aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı olmak üzere ikiye ayrılır. Nitelik tabanlı yöntem, ayrı iki adım içerir. Birinci adımda nitelik hesaplama, ikinci adımda ise nokta bulutları hesaplanmış niteliklere göre kümeleme yapılır. Model tabanlı yöntem, ilkel şekilleri (örneğin küre, koni, düzlem ve silindir gibi), noktaları gruplandırma için kullanır. Aynı matematiksel sunumda olan noktalar bir bölümde gruplandırılır. En iyi bilinen algoritma RANSAC'dır[5]. RANSAC güçlü bir modeldir ve matematiksel özellikleri olan düz çizgileri, daireleri belirler. 3B nokta bulutu bölütleme için sonraki birçok çalışmaya bu ilk algoritma miras olmuştur. Graf tabanlı yöntemlerde, her bir köşe verideki bir noktaya karşılık gelir ve komşu noktaların belirli çiftlerine kenarlar bağlanır. En

çok bilinen algoritmalarından birisi KNN ( $k$  en yakın komşu)dur[6].

3B algılayıcılardan elde edilen nokta bulutlarının bölütlenme problemlerinin çözümü ve mevcut yöntemlerin farklı karakteristikteki veri kümeleri üzerinde kıyaslanması için bu çalışma kapsamında PCL'nin ihtiva ettiği; nokta bulutlarının süpervoksel içine kümelmesi, bölge büyümeli bölütleme, renk tabanlı bölge büyümeli bölütleme, öklid küme çıkarımı ve koşullu öklid kümeleme olarak isimlendirilen 5 adet bölütleme yönteminin hem belirlenen kriterlere göre kıyaslanması hedeflenmiştir. PCL'de bölütleme için geliştirilen ve bahsedilen 5 yöntemin kendi içerisinde farklı parametre değerleri ile seçilen farklı özellikteki veri setleri üzerinde deneyler yapılarak optimum parametre değerleri bulunmuştur. Sözü geçen 5 yöntemin varsayılan ve deneyler sonucu belirlenen yeni parametre değerlerine göre birbirleri arasında, seçilen farklı özellikteki veri setleri üzerinde bölütleme işlemi yapılarak, program çalışma süreleri ve bölütleme yüzdesi üzerine kıyaslamalar yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. PCL Kütüphanesi

PCL, 3B nokta bulutu işleme için tamamen şablonlardan oluşan modern bir C++ kütüphanesidir ve 2011 yılında bir açık-kaynak kodlu proje olarak başlamıştır. Kütüphanede yer alan birçok matematiksel operatörler lineer cebir için açık kaynaklı şablon kütüphanesi olan Eigen temeli üzerine kurulmuştur. Buna ek olarak paralel programlama için PCL OpenMP ve çok çekirdekli paralelizasyon için Intel Threading Building Blocks (TBB) kütüphanesi destek sunmaktadır. PCL, hızlı  $k$ -yakın komşuluk araştırma temel operatörleri için FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbor - yaklaşık en yakın komşuluk için hızlı kütüphane) kütüphanesinden destek almaktadır. Ayrıca PCL Kütüphanesi nokta bulutlarının görüntülenmesi için VTK (Visualization Toolkit: Görselleştirme araç takımı) kütüphanesini kullanmaktadır. PCL kütüphanesi Windows, MacOS ve Linux işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir[3].

### 2.2. Bölütleme Yöntemleri

Bölütleme algoritmalarının amacı, görüntü içerisindeki pikselleri gruplandırarak anlamlı bölgelere ayırmaktır. Bu kısımda, öncelikle çalışmada kullanılan ve PCL'de mevcut olan nokta bulutlarının süpervoksel içine kümelmesi, bölge büyümeli bölütleme, renk tabanlı bölge büyümeli bölütleme, öklid küme çıkarımı, koşullu öklid kümeleme olarak isimlendirilen 5 farklı bölütleme algoritması anlatılmıştır.

#### 2.2.1. Süpervoksel İçine Kümelene Algoritması

Süpervoksel görüntüyü düşük seviye özellikleri temel olarak çok sayıda bölütleme işlemi ile ayrılan küçük bölgeler ile oluşturur ve istenen sonuç dikkate alınarak düğüm sayısı indirgenir. Nesne sınırlarını ihlalden kaçınmak oldukça önemlidir, ihlal durumunda daha sonra kullanılacak sınıflandırıcının doğruluğu azalarak başarısız olacaktır. Sınıflandırıcı doğru bir çıktıyı yönetse bile, piksel seviyesindeki son bölütleme zorunlu olarak hatalar içerecektir. Voksel bulut bağlantı bölütleme metodu (voxel cloud connectivity segmentation), süpervoksel olarak bilinen 3B nokta bulutu verilerin hacimsel olarak çok sayıda



bölütlenmesi işlemidir. Süpervoksellerin iki önemli özelliği vardır. Birincisi, onlar 3B alan karşısında eşit olarak dağıtılırlar. İkincisi, vokseller uzaysal olarak bağlı olmadığı müddetçe onların sınırları kesişmez.

### 2.2.2. Bölge Büyütmeli Bölütleme Algoritması

Bölge büyütmeli bölütleme algoritmasının amacı pürüzsüzlük kısıtlaması açısından yeterince yakın noktaları birleştirmektir. Sonuçta bu algoritmanın çıktısı aynı yüzey özelliklerine sahip nokta bulutlarından oluşan kümelerin bir araya gelmesiyle oluşan küme topluluklarıdır. Bu algoritmanın temeli normaller arasındaki açıların karşılaştırılmasına ve eğrilik farklarına dayanır. Algoritma çalışmasında ilk olarak noktalar eğrilik değerlerine göre sıralanır. Bu gereklidir, çünkü bölge büyütmeye minimum eğrilik değerine sahip noktadan başlar. Minimum eğrilik değerine sahip nokta düz alanda bulunur ve düz alanda olan büyüme bölütleme sayısını azaltmaya izin verir. Nokta bulutunda etiketsiz nokta kalmayana kadar algoritma noktaları minimum değerli ile toplar ve bölge büyütmeye başlar.

### 2.2.3. Renk Tabanlı Bölge Büyütmeli Bölütleme Algoritması

Bu algoritma, bölge büyütmeli bölütleme algoritması ile aynı kavramları temel almıştır. Ancak ikisi arasında iki temel fark bulunmaktadır. Bunlardan birincisi normaller ve eğrilikler yerine RGB renklerini kullanıyor olmasıdır. İkincisi ise üst ve alt bölütleme için birleştirme algoritmasını kullanıyor olmasıdır. Bölütlemeyen sonra yakın renkli kümelerin birleştirilmesi için bir girişim yapılır. Ortalama renkten küçük bir farkı olan yani ortalama rengi benzer olan iki komşu küme birleştirilir. Daha sonra ikinci birleştirme adımı gelir. Bu adım esnasında tek olan tüm kümeler noktaların numarası ile doğrulanır. Şayet bu numara kullanıcının tanımladığı değerden küçük ise, güncel küme en yakın komşu küme ile birleştirilir[7]. Yani kümeler belirlenen minimum kümeden küçük ise komşuları ile birleştirilir.

### 2.2.4. Öklid Küme Çıkarımı Algoritması

Öklid küme çıkarımı algoritması, mevcut PCL bölütleme algoritmaları içerisinde en basit olanıdır. İki nokta arasındaki mesafeyi ölçer. Şayet eşik değerden küçük ise, her ikisinin de aynı küme içerisine dahil olduğu düşünülür. Bir nokta küme için seçilen olarak işaretlenir. Daha sonra bir virüs gibi yeterince yakınında olan tüm noktalara dağılır ve olanlardan daha fazla noktaya eklenecek yeni nokta kalmayana kadar yayılır. Daha sonra yeni bir küme başlatılır ve bu prosedür kalan işaretlenmemiş noktalarla tekrar başlar[10].

### 2.2.5. Koşullu Öklid Kümeleme Algoritması

Koşullu öklid kümeleme algoritması, öklid küme çıkarımı algoritması ile standart olarak aynı şekilde çalışır, ancak bir

istisnai durum vardır. Mesafe kontrolünün dışında noktalar özel bir tanışmaya ihtiyaç duyarlar, onlar için özel gereksinim bir kümeye eklenmektedir. Bu şart kullanıcı tarafından belirtilir. Noktaların her bir parçası için (birincisi o anda işlenen kaynak noktadır, ikincisi ise önceden test edilen eski bir komşu olan aday noktadır) özel işlevi olan bir fonksiyon çağırılır. Bu fonksiyonun özel bir işareti, imzası vardır ve şu görevleri yapar: 1) İki noktanın bir kopyasını alır, böylelikle istenilen test gerçekleştirilebilir, 2) uzaklığın karesini alır. Bunları yaptıktan sonra doğru veya yanlış şeklinde bir değer döndürür. Şayet bu değer "doğru" ise, aday nokta kümeye eklenebilir. Eğer dönen değer "yanlış" ise aday nokta uzaklık testini geçse bile kümeye eklenmez[8].

## 2.3. Kalite Metrikleri

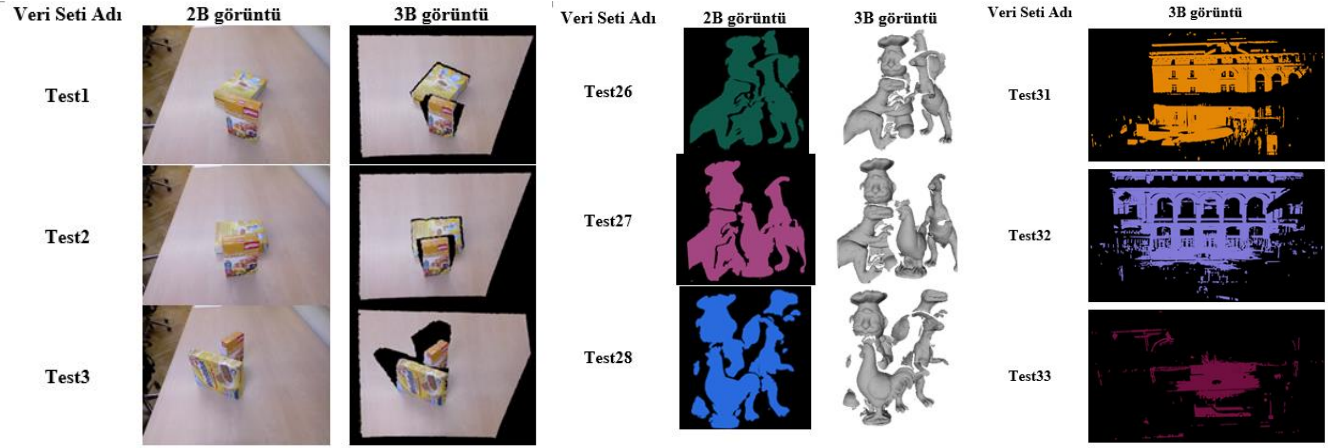
Bölütleme yöntemleri kullanılarak test verileri üzerinde işlemler yaparken geçen işlem süreleri ve test verilerinin bölütleme işlemi sonrası çıktı görüntüde nesnelerin görsel olarak bölütleme yüzdeleri kalite metriklerini oluşturmaktadır. Test verilerinin bahsedilen yöntemlerle bölütleme işleminin yapılması ile program tarafından mili saniye olarak hesaplanan süre, işlem süresini vermektedir. Program çalışma süresi deneylerde "PÇS" olarak gösterilecektir. İşlem süresini bulmak için PCL'de mevcut olan *TicToc* sınıfı kullanılmıştır.

Test verileri üzerinde bahsedilen yöntemlerle bölütleme işlemleri yapılmış olup, orijinal veri seti ile bölütlenmiş veri setindeki nesne sayılarında bir oranlama işlemi yapılmıştır. Örneğin orijinal veri setinde 5 adet nesne varsa ve bu bölütleme işleminden geçtikten sonra bölütlenerek belirlenmiş nesne sayısı 5 ise bölütleme oranı %100'dür ve algoritma o veri seti için başarılıdır kabul edilmektedir. Burada orijinal veri setindeki toplam nesne sayısı "TNS", bölütlenmiş veri setindeki nesne sayısı ise "BNS" ve bunların bölütleme yüzdesi ise "BY" ile ifade edilmiştir. Bölütleme yüzdesinin nasıl hesaplandığı (1) numaralı denklemde verilmiştir.

$$BY = (BNS/TNS) * 100 \quad (1)$$

## 2.3. Deneylerde Kullanılan Veri Kümeleri

Çalışma kapsamında yöntemlerin literatür ile bütünlüğünü daha kolay sağlamak amacıyla 3B nokta bulutu ile alakalı daha önceki farklı çalışmalarda kullanılan bazı test verileri seçilmiştir. Toplamda 35 adet farklı test verisi üzerine çalışılmış olup 25 tanesi renk verisi içeren, 5 tanesi renk verisi içermeyen ve 5 tanesi de intensity (yoğunluk) verisi içeren 3B nokta bulutu test verileridir. Deneyler, Microsoft Visual Studio 2012 platformu üzerinde yapılmıştır. Test verilerinden 25 tanesi RGBD 3B veri setidir ve IROS (Intelligent Robots and Systems) 2012 Uluslararası Konferansında Richtsfeld Andreas ve arkadaşları tarafından kendi çalışmalarında kullanılarak sunulmuştur. Ayrıca bu 25 adet RGBD test verisi Kinect V1 cihazı ile taranarak elde edilmiştir[9]. Sözü geçen test verilerinden bir kesit Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan veri setlerinden belirli örneklerin 3B gösterimleri.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3B nokta bulutlarının bölütlenmesi için PCL'ye ait 5 farklı bölütleme yöntemi tanıtılmış ve bu yöntemler kullanılarak 35 adet test verisi üzerinde bölütleme işlemleri yapılmıştır. Deneyler yapılırken varsayılan parametre değerleri kullanılmış ve daha iyi sonuçlar elde edebilmek için bazı yöntemlere yeni parametre değerleri belirlenmiştir. Hem varsayılan hem de belirlenen parametre değerleri için toplamda 350 adet deney yapılmıştır. Yöntemlerin varsayılan ve belirlenen parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Deneyler sonucu veri setindeki seçilmiş belirli örneklerin görsel bölütleme sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Deneylere ait sayısal sonuçlar ise Şekil 3'te görselleştirilmiştir.

Tablo 1. Yöntemlerin varsayılan parametre değerleri ve belirlenen parametre değerleri.

Yöntem	Varsayılan Parametre Değeri	Belirlenen Parametre Değeri
Süpervoksel	voxel_resolution=0.008 seed_resolution=0.1 color_importance=0.2 spatial_importance=0.4 normal_importance=1.0	voxel_resolution=0.008 seed_resolution=0.3 color_importance=0.2 spatial_importance=1.0 normal_importance=3.0
Bölge Büyütmeli	setMinClusterSize=50 setMaxClusterSize=1000000 setNumberOfNeighbours=30	setMinClusterSize=100 setMaxClusterSize=1000000 setNumberOfNeighbours=200
Renk Tabanlı Bölge Büyütmeli	setDistanceThreshold=10 setPointColorThreshold=6 setRegionColorThreshold=5 setMinClusterSize=600	setDistanceThreshold=10 setPointColorThreshold=7 setRegionColorThreshold=5 setMinClusterSize=1700
Öklid Kümeleme	ClusterTolerance=0.02 setMinClusterSize=100 setMaxClusterSize=25000	ClusterTolerance=0.02 setMinClusterSize=100 setMaxClusterSize=25000
Koşullu Öklid Kümeleme	setLeafSize=10 setClusterTolerance=500 setMinClusterSize=size/1000 setMaxClusterSize=size/5	setLeafSize=10 setClusterTolerance=500 setMinClusterSize=size/1000 setMaxClusterSize=size/5

#### 3.1. Varsayılan Parametre Değerlerine Göre BY Grafiği Değerlendirmesi

Renkli veriler için; öklid küme çıkarımı yöntemi diğerlerine göre daha başarılı iken, en başarısız yöntem noktaların süpervoksel içine kümelenmesi yöntemidir. Renksiz veriler için; renk tabanlı bölge büyütmeli bölütleme yöntemi diğerlerine göre

daha başarılı iken, en başarısız yöntem öklid küme çıkarımıdır. Buna göre, varsayılan parametre değerleri kullanıldığında renkli ve renksiz ayrımı yapmadan tüm veri setleri için, renk tabanlı bölge büyütmeli bölütleme yöntemi daha başarılı olup, noktaların süpervoksel içine kümelenmesi yöntemi genellikle başarısızdır.

#### 3.2. Belirlenen Parametre Değerlerine Göre BY Grafiği Değerlendirmesi

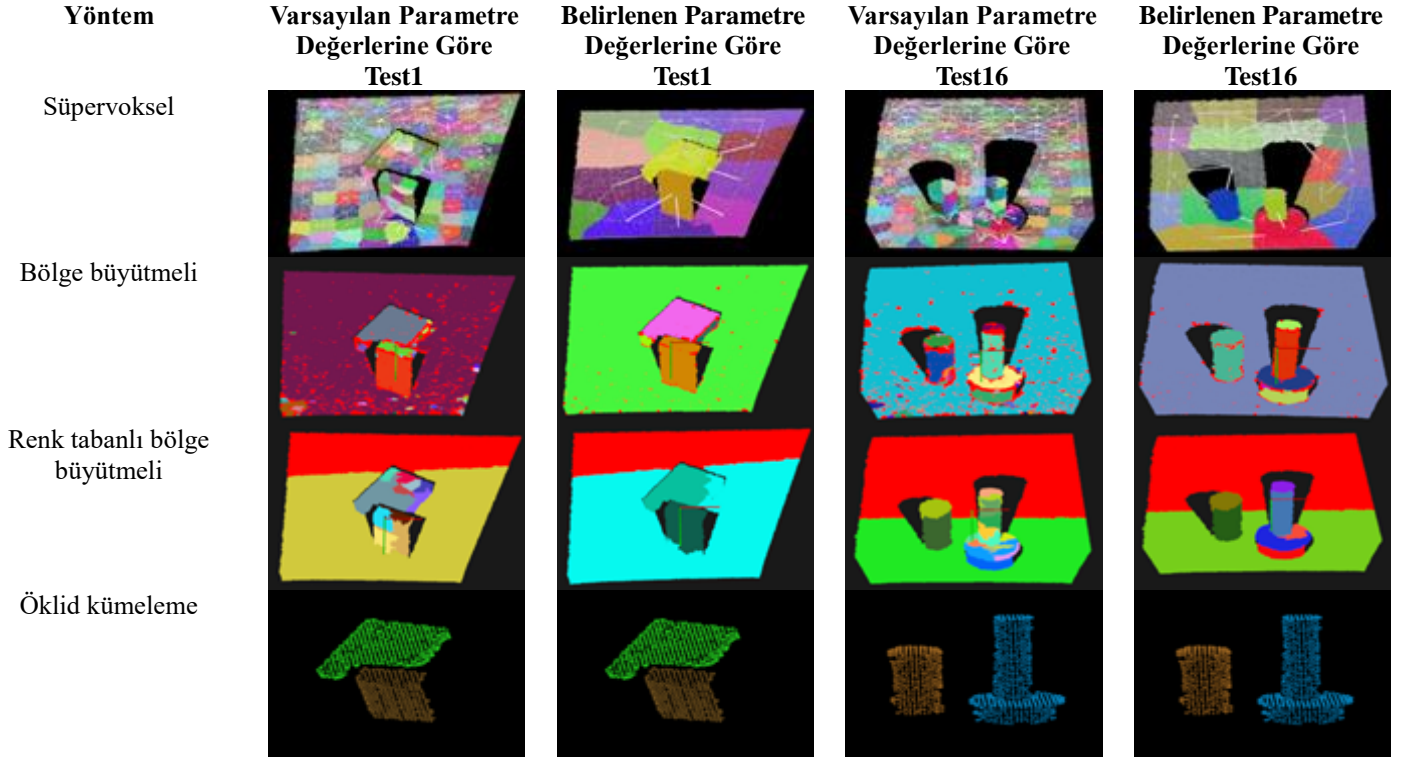
Renkli veriler için; bölge büyütmeli bölütleme yöntemi diğerlerine göre daha başarılı iken, en başarısız yöntem öklid küme çıkarımıdır. Renksiz veriler için; bölge büyütmeli bölütleme yöntemi diğerlerine göre daha başarılı iken, en başarısız yöntemin yine öklid küme çıkarımı yöntemi olduğu görülmüştür. Buna göre, belirlenen parametre değerleri kullanıldığında renkli ve renksiz ayrımı yapmadan tüm veri setleri için, bölge büyütmeli bölütleme yöntemi daha başarılı olup, öklid küme çıkarımı yöntemi genellikle başarısızdır.

#### 3.3. Varsayılan Parametre Değerlerine Göre PÇS Grafiği Değerlendirmesi

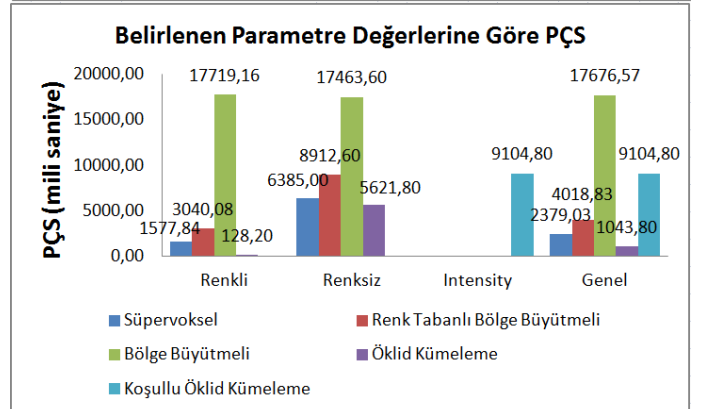
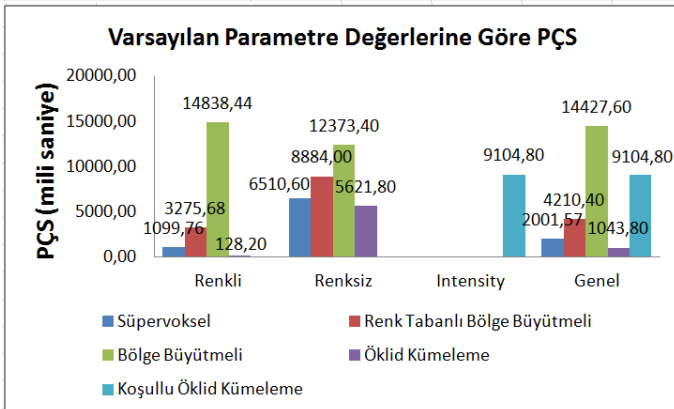
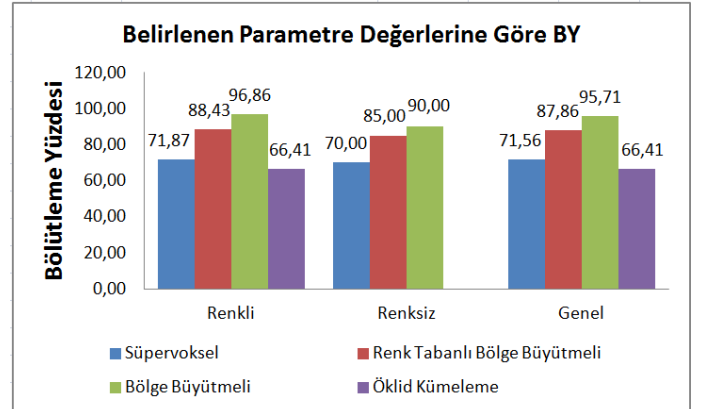
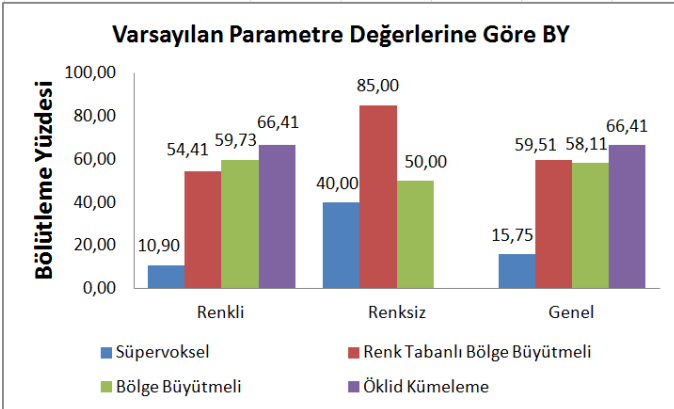
Renkli veriler için; öklid küme çıkarımı yöntemi diğerlerine göre daha hızlı çalışmakta iken, en yavaş çalışan yöntem bölge büyütmeli bölütleme yöntemidir. Renksiz veriler için; öklid küme çıkarımı yöntemi diğerlerine göre daha hızlı çalışmakta iken, en yavaş çalışan yöntem bölge büyütmeli bölütlemidir. Intensite verisi içeren veri setlerinde sadece koşullu öklid kümeleme yöntemi bölütleme işlemi yapabilmektedir ve program çalışma süresi de oldukça makul seviyelerdedir. Buna göre, varsayılan parametre değerleri kullanıldığında renkli ve renksiz ayrımı yapmadan tüm veri setleri için, öklid küme çıkarımı yöntemi daha hızlı çalışmakta olup, bölge büyütmeli bölütleme yöntemi genellikle daha yavaş çalışmaktadır.

#### 3.4. Belirlenen Parametre Değerlerine Göre PÇS Grafiği Değerlendirmesi

Bu grafikteki nicel değerler, varsayılan parametre değerlerine göre PÇS grafiğindeki değerler ile aynı olmasa da yöntemlerin PÇS sıralamaları tamamen aynıdır. Bu sıralamanın aynı olmasının sebebi ise; yapılan parametre değeri değişiklikleri yöntemlerin çalışma şekillerinde bir değişiklik yapmadığından dolayı PÇS değerlerine çok az etki etmiş olup, asıl etkiyi BY'lere yapmıştır. Çünkü parametreler, programın çalışmasından ziyade bölütlenecek kısımlarla doğrudan ilgilidir.



Şekil 2. Veri setindeki Test 1 ve Test 16 örneklerinin varsayılan ve belirlenen parametrelere göre bölütlenmesi görsel sonuçları.



Şekil 3. Varsayılan ve belirlenen parametrelere göre bölütme yöntemlerinin sayısal sonuçlarının karşılaştırılması.

## 4. Sonuç

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; 3B nokta bulutu bölütlemeye PCL'nin ihtiva ettiği yöntemlerden yoğunluk (intensity) verisine sahip 3B nokta bulutu verilerini bölütleyebilen ve alanında tek olan yöntem, koşullu öklid kümeleme yöntemidir. Bu yöntem için bakıldığında, kullanılan veri setlerinin hafızada kapladığı alanın oldukça büyük olmasına rağmen, PÇS oldukça makul seviyelerdedir. Ayrıca bölütleme yüzdesi olarak en başarılı yöntemlerin, bölge tabanlı bölütleme yöntemlerinden olan bölge büyütme bölütleme ve renk tabanlı bölge büyütme bölütleme yöntemleri olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra hızlı sonuç üretme yönünden en başarılı yöntemlerin, küme tabanlı bölütleme yöntemlerinden olan öklid küme çıkarımı yöntemi ve noktaların süpervoksel içine kümeleneceği yöntemi olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, bölütleme işleminde başarıyı belirleyen 2 adet kriter vardır. Bunlar, bölütleme yüzdesi (BY) ve program çalışma süresidir (PÇS). BY değeri; tamamen algoritma adımlarına, veri setine ve parametre değerlerine bağlı olup bilgisayar donanımı ile doğrudan alakası yoktur. PÇS değeri ise; algoritma adımlarına, veri setine, parametre değerlerine ve doğrudan bilgisayar donanımına bağlıdır. Bundan dolayı, bölütleme yönteminin başarılı olması öncelikle BY değerinin yüksek olmasına bağlıdır. İkinci olarak PÇS değeri gelir ki; yöntemlerin PÇS değerlerine bakıldığında çok fazla fark olmamakla birlikte, daha gelişmiş bilgisayar donanımları ile bu küçük farklar telafi edilebilir seviyededir ve bundan dolayı başarıyı etkileyen ikinci kriterdir.

Bu bilgiler ışığında; yapılan deneyler sonucu varsayılan parametre değerlerine göre, renk tabanlı bölge büyütme bölütleme yönteminin oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Belirlenen parametre değerlerine göre ise, bölge büyütme bölütleme yönteminin oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2014-5352 kodlu proje ile desteklenmiştir.

## Kaynakça

1. Aslantaş, V., Bendeş, E., Kurban, R., & Toprak, A. N. (2011). Çoklu Algılayıcılardan Alınan Görüntülerde Eşleştirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, 110-114.
2. Sertalp, E., (2010). Görsel İletişimde Üç Boyut Algısı; Hologram Tekniği Ve Bu Teknolojinin Eğitim Ortamına Aktarılması. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 228 s.
3. Rusu, R. B., & Cousins, S. (2011, May). 3d is here: Point cloud library (pcl). In *2011 IEEE international conference on robotics and automation* (pp. 1-4). IEEE.
4. Nguyen, A., & Le, B. (2013, November). 3D point cloud segmentation: A survey. In *2013 6th IEEE conference on robotics, automation and mechatronics (RAM)* (pp. 225-230). IEEE.
5. Fischler, M. A., & Bolles, R. C. (1981). Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to

image analysis and automated cartography. *Communications of the ACM*, 24(6), 381-395.

6. Golovinskiy, A., & Funkhouser, T. (2009, September). Min-cut based segmentation of point clouds. In *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, ICCV Workshops* (pp. 39-46). IEEE.
7. Region growing rgb segmentation (2015, Mayıs). Erişim adresi: [http://pointclouds.org/documentation/tutorials/region\\_growing\\_rgb\\_segmentation\\_on.php#region-growing-rgb-segmentation](http://pointclouds.org/documentation/tutorials/region_growing_rgb_segmentation_on.php#region-growing-rgb-segmentation).
8. OpenNI tutorial 3: Cloud processing (advanced)#Conditional (2015, Mayıs) Erişim adresi: [http://robotica.unileon.es/mediawiki/index.php/PCL/OpenNI\\_tutorial\\_3:\\_Cloud\\_processing\\_\(advanced\)#Conditional](http://robotica.unileon.es/mediawiki/index.php/PCL/OpenNI_tutorial_3:_Cloud_processing_(advanced)#Conditional).
9. Richtsfeld, A., Mörwald, T., Prankl, J., Zillich, M., & Vincze, M. (2012, October). Segmentation of unknown objects in indoor environments. In *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 4791-4796). IEEE.
10. OpenNI\_tutorial\_3:Cloud\_processing(advanced)#Euclidean (Nisan,2015) Erişim adresi: [http://robotica.unileon.es/mediawiki/index.php/PCL/OpenNI\\_tutorial\\_3:Cloud\\_processing\(advanced\)#Euclidean](http://robotica.unileon.es/mediawiki/index.php/PCL/OpenNI_tutorial_3:Cloud_processing(advanced)#Euclidean).





# Kıyafet Öneri Sistemi için Giyim Metaverilerine dayalı Temsil Öğrenimi

Ahmet Dundar<sup>1\*</sup>, Arzu Gorgulu Kakisim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1498-0946)

<sup>2</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6169-3486)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1008736)

**ATIF/REFERENCE:** Dundar, A. & Gorgulu Kakisim, A. (2021). Kıyafet Öneri Sistemi için Giyim Metaverilerine dayalı Temsil Öğrenimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 105-110.

## Öz

Son zamanlarda, ürün ve hizmetleri tüketiciler ile buluşturan e-ticaret platformları üzerinden çevrimiçi tüketici alışverişi giyim, ayakkabı, makyaj, ev eşyası gibi birçok kategoride önemli ölçüde artmıştır. Çok sayıda seçeneğin mevcut olduğu çevrimiçi alışveriş ortamlarında, ürün bulma ve seçme işlem maliyetlerini azaltmak ve verimli bir şekilde ilgili ürünleri kullanıcılara iletmek önemli bir problem haline gelmiştir. Alışveriş şirketleri, müşterilerin satın alma geçmişlerine ve davranışlarına göre müşterilere benzer ürün seçenekleri sunarak gelirlerini artırmak ve müşterileri memnun etmek için öneri sistemleri kullanmaktadır. Bu nedenle, müşterilerin alışveriş davranışlarına göre en uygun, kişiselleştirilmiş ve tercih edilen tarz zevklerini yansıtan önerilerde bulunan akıllı öneri sistemler geliştirilmektedir. Son zamanlarda, ürünlerin metaverilerinin analizi ile ürünler arasındaki benzerliği ve uyumluluğu modelleyen ve bu sayede müşterilerin ürün bulma ve seçme işlemlerindeki memnuniyetini artırmaya çalışan yeni yöntemler sunulmaktadır. Bu çalışmada, rastgele yürüyüş ve Skipgram yöntemleri kullanarak ürünlere ait malzeme, desen, renk ve stil gibi metaveriler üzerinden ürünler arasındaki benzerliği modelleyen yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yöntem, ürünlere ait özellikler arasındaki üst düzey korrelasyonları keşfederek, ürünler arasındaki yakınlığın yansıtıldığı düşük boyutlu vektörel temsiller öğrenir. Bu amaçla, ürünler her bir düğümün ürünleri ve her bir kenarın ürünler arasındaki ilişkileri temsil ettiği ağırlıklı bir graf yapısına dönüştürülmüştür. Graf üzerinden öğrenilen bu temsiller sayesinde, müşterilerin alışveriş davranışına göre onlara en uygun önerilerin ve kombin tamamlayıcı ürünlerin sunulmasını sağlayan bir öneri sistemi sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyafet Öneri Sistemi, Ağırlıklı Rastgele Yürüyüş, Kelime Gömme, Giyim Temsil Öğrenimi.

## Representation Learning based on Clothing MetaData for Outfit Recommendation System

### Abstract

Recently, online consumer shopping through e-commerce platforms that bring products and services to consumers has increased significantly in many categories such as clothing, shoes, make-up, and household goods. In online shopping environments, where there are many options, it has become an important problem to reduce the transaction costs of finding and selecting products and to recommend the relevant products to the users. Online shopping companies use recommendation systems to increase revenue and satisfy customers by offering similar product options based on their purchasing history and behavior. For this reason, intelligent recommendation systems are developed that make recommendations reflecting the most appropriate, personalized and preferred style tastes according to the shopping behaviors of the customers. Recently, researchers focus on developing new methods that model the similarity and compatibility between products through the analysis of products's metadata, thereby trying to increase customer satisfaction in finding and choosing products. In this study, a new approach is proposed that models the similarity between products through metadata such as material, pattern, color and style using random walk and Skipgram methods. The proposed method explores the high-level correlations between the properties of the products and learns low-dimensional vector representations that reflect the affinity between the products. For this purpose, the products are transformed into a weighted graph structure where each node represents the products and each edge represents the relationships between the products. Thanks to these representations learned from outfit graph, a recommendation system framework is presented that allows the most appropriate recommendations to the customers and according to their shopping behavior, and recommends complementary items to the query outfits.

**Keywords:** Outfit Recommendation System, Weighted Random Walks, Word Embedding, Outfit Representation Learning.

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1498-9460, [ahmetdundar47@hotmail.com](mailto:ahmetdundar47@hotmail.com)

## 1. Giriş

E-ticaret ürün içeriğinin ve çeşitliliğinin artmasıyla kullanıcıların seçimini kolaylaştıran ve onlara en uygun şekilde kişiselleştirilmiş seçenekler sunan akıllı öneri sistemlerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Öneri sistemleri, kullanıcıların ilgi alanlarını tahmin etmeyi ve onlar için oldukça ilginç olabilecek ürün öğelerini önermeyi amaçlar. Öneri sistemleri, müşterilerin satın alma geçmişlerine ve davranışlarına göre müşterilere uygun kişiselleştirilmiş ürün seçenekleri sunarak, ürün yelpazesini daraltmayı ve ürün seçme süreçlerini daha verimli bir hale getirmeyi amaçlar. Araştırmalara göre [1], çevrimiçi satın almaların %43'ü kişiselleştirilmiş önerilerden oluşmaktadır. Şirketlerin %94'ü kişiselleştirilmiş ürün sunan sistemlerin kazançlarını arttırmak için kritik bir strateji olarak algılanmaktadır.

Kişiselleştirilmiş öneri sistemleri, çevrimiçi perakendecilerin mevcut ve gelecekteki pazarlama başarısı için kullanılan en güçlü makine öğrenimi sistemleri arasındadırlar. Son yıllarda, gelişmiş yapay sinir ağı modelleri kullanarak, müşteri ve ürünler arasındaki yakınlığı modelleyen yeni yöntemler önerilmektedir. Literatürdeki yöntemler kullandıkları veri açısından ikiye ayrılmaktadır: ürünlere ait görsel veriyi kullanan yöntemler ve ürünlere ait içeriği ve bilgiyi temsil eden metaverileri kullanan yöntemler. Son zamanlarda ise her iki veriyi eş zamanlı olarak kullanan yeni modeller önerilmektedir. Fakat aynı zamanda özellikle moda endüstrisindeki büyüme ile birlikte, genel tüketim ürünlerinden farklı olarak giysi ve ayakkabı gibi ürünlerdeki çeşitlilikte günden güne artmaktadır. Ürünler desen yapısına, malzeme yapısına, rengine ve tarzına göre farklılaşmakta ve bu nedenle ürünler ve kullanıcı tercihleri arasındaki ilişkileri analiz etme daha zor bir problem haline gelmektedir. Son birkaç yılda, giyim ürünleri arasındaki yüksek seviyedeki ilişkileri ortaya çıkarmayı hedefleyen ve metaveriler üzerinde yerleştirme yaklaşımları kullanarak temsil öğrenimi gerçekleştiren yeni yöntemler önerilmektedir. Bu yöntemler doğal dil işlemede sıklıkla kullanılan bir belgedeki bir kelimenin bağlamını, anlamsal ve sözdizimsel benzerliğini, diğer kelimelerle ilişkisini ortaya çıkaran ve her kelimeyi ya da belgeyi düşük boyutlu bir vektörle temsil etmeyi amaçlayan Word2Vec [2] ve Doc2Vec [3] gibi gömme yaklaşımlarını temel almaktadır. Word2Vec'ten esinlenen Item2Vec [4] yöntemi yaklaşımı işbirlikçi filtreleme senaryolarındaki öğelerin gizli temsillerini öğrenmek için bir sinirsel öge gömme tabanlı yaklaşım kullanmaktadır. Item2Vec'in temel amacı, öğelerin benzerliğini ortaya çıkarmak amacıyla kullanıcının bilgisi olmadığında bile öge-ürün ilişkilerini öğrenebilmektir. Benzer bir başka model, satın alma dizilerinden ürün gömmelerini öğrenen ve gömme uzayındaki en benzer ürünleri temel alarak öneri gerçekleştiren Prod2vec [5] yöntemidir. Prod2vec, bir sinirsel dil modelini kullanarak ürünleri gerçek değerli, düşük boyutlu vektör uzayına yerleştirir. Sonuç olarak, benzer

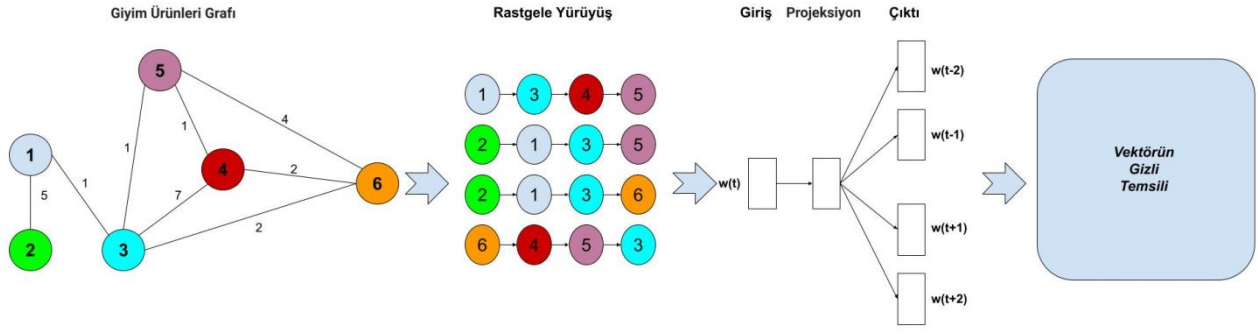
bağlamlara sahip ürünlerin vektörleri gömme uzayında birbirine yakın konumlanmış olmaktadır. Bir sonraki satın alınacak ürünle ilgili anlamlı önerilerde bulunabilmek için ürün vektörlerini kümeleyerek gömme alanında en yakın ürünleri kullanmak için kullanılır. Meta-Prod2Vec [6], öğelerin düşük boyutlu yerleştirmelerini hesaplarken yan bilgi olarak öğelerin nitelikleri ve kullanıcıların geçmiş etkileşimlerini içeren metaverileri kullanır. Outfit2vec [7] yöntemi ise hiyerarşik olarak oluşturulmuş moda kıyafetlerinin temsili vektörlerini öğrenmek için Doc2vec modelini temel almıştır. Giyim ürünlerinin metaverileri üzerinden ürünlere ait gömme vektörlerini elde etmektedirler. Fakat ürünleri tanımlayan metaveriler genellikle kısa metinlerden oluşur. Bu nedenle öznitelik uzayı oldukça seyreklik göstermektedir ve bahsedilen gömme yaklaşımları da kısa metinlerdeki bu seyreklik probleminden dolayı ürünler arasındaki yakınlığı modellemede istenen başarıyı göstermeyebilmektedir. Dahası, çoğu kelime gömme yöntemi, sahip oldukları kelimelerle (bilinmeyen veya sözlük dışı (OOV) kelimeler) karşılaştıklarında, bizi ideal olmaktan uzak vektörler üretmeye veya yeni gelen girdilerle [8] öğrenme sürecini yeniden başlatmaya zorlayabilir. Bu yöntemlerin diğer eksikliği, farklı ve yeni dillerle karşılaşıldığında ortaya çıkmaktadır [9]. Bu yöntemlerin yeni diller için yeni temsiller oluşturması gerekir çünkü bir dil için oluşturulmuş bir model diğer dillere ölçeklendirmek mümkün değildir.

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen problemleri adresleyen, ürünlere ait malzeme, desen, renk ve stil gibi metaveriler üzerinden rastgele yürüyüş [10] ve Skipgram [2] yöntemleri kullanarak ürünler arasındaki benzerliği modelleyen yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yöntem, her bir düğümün ürünleri ve her bir ağırlıklı kenarın ürünler arasındaki ortak özelliği ve sayısını temsil ettiği bir graf yapısına dönüştürülmüştür. Deepwalk [11] mimarisinden esinlenerek, graf gömme yaklaşımı ile oluşturulan graf üzerinden her bir ürüne ait düşük boyutlu vektörler temsiller elde edilmektedir. Önerilen sistem hem kıyafet hem de kıyafet tamamlayıcı ürün önerisi için ürünler arasındaki yakınlığın yansıtıldığı bu vektörel temsilleri kullanmaktadır.

Bu makalenin geri kalanı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. Bölüm 2'de önerilen yöntem anlatılmaktadır. Uygulama detayları ve deneysel sonuçlar Bölüm 3'te verilmektedir. Son olarak Bölüm 4'de makaleye ait sonuçlar özetlenmekte ve gelecek çalışmalardan bahsedilmektedir.

## 2. Önerilen Yöntem

Şekil 1'de önerilen sistemin mimarisi gösterilmektedir. Önerilen sistem dört aşamayı içerir. Bunlar, sırasıyla metaveriler için ön işleme süreci, ürün grafi oluşturma, rastgele yürüyüşler ile graftan sınırlı uzunlukta yollar elde etme, yolları girdi olarak alan bir gömme yöntemi ile temsil öğrenme ve temsiller üzerinden kıyafet ürünü önerme süreçleridir.



Şekil 1. Önerilen sistem mimarisi

Ürün verilerinin yer aldığı yapılarda, katalog görselleri ile birlikte sağlanan ve mevcut öğelerin kısaca açıklamalarını içeren metaveriler bulunmaktadır. Metaveriler, ürünlere ait malzeme, desen, renk, marka adları ve etiketler üzere ürün hakkında bilgi veren birçok detayı içerebilmektedir. Ürün açıklamaları metinsel veriler olduğu için metinleri analiz edilebilir bir forma getirmek amacı ile bir ön işleme süreci uygulanmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmamızın ön işleme sürecinde, noktalama işaretleri, nümerik değerler, etkisiz terimler, özel karakterler temizlenmekte ve tüm harfler küçük harfe dönüştürülüp var olan bazı yazım hataları düzeltilmektedir. Daha sonra metaveri içerisindeki her bir kelime kelimenin kökü ile temsil edilmekte ve böylece aynı anlama gelen kelimeler öznitelik uzayında tek bir kelime ile temsil edilmektedir. Bazı ürünlerin metaverilerinde ürünlere ait renk bilgisi bulunmadığından, önerilen yöntem ürünlere ait katalog görsellerinden renk bilgisi elde ederek, her

bir ürünün en azından tek bir renk ile temsil edilmesini sağlamaktadır. Ürünlerin rengini elde etmek için katalog görseli içinde bulunan beyaz renkler çıkarılıp resim saydam hale getirilmekte ve sonrasında resimde ağırlıklı olarak kullanılan renk kodu seçilmektedir. Renk sabitleri dosyasında en yakın renk kodu bulunarak renk adı ataması yapılmaktadır [12]. Verinin hazırlanması ve temizlenmesi sürecinden sonra, önerilen yöntem, her bir ürünün sahip olduğu öznitelikleri temsil eden bir  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  öznitelik kümesi oluşturmaktadır. Burada,  $f_i$  i. ürüne ait öznitelikleri içeren bir alt öznitelik kümesidir. Tablo 1'de örnek her bir ürüne ait metaveriler sağlanmaktadır. Örneğin; ilk ürün için ürünü tanımlayan ürün açıklaması, ürünün kategorisi ile ilgili açıklama, ürünün kategorisi, ürünün içerisinde bulunduğu önceden hazırlanmış kombin grubu ve renk bilgisi ile birlikte oluşan öznitelik kümesinde dokuz farklı öznitelik elde edilmiştir.

Tablo 1. Örnek ürünler ve ürünlere ait metaveriler

Ürün No	Ürün Açıklaması	Alt Kategori Ürün Açıklaması	Kategori	Kombin	Renk Bilgisi	Alt öznitelik Kümesi
1	mock neck embroidery suede sweatshirt	casual	k1	kombin 1	gray	{ mock, neck, embroidery, suede, sweatshirt, casual, k1, kombin 1, gray }
2	mock neck embroidery suede brown sweatshirt	camel meanswear	k2	kombin 2	brown	{ mock, neck, embroidery, suede, brown, sweatshirt, camel, meanswear, k2, kombin 2 }
3	citizens humanity high rise rocket jean	casual	k3	kombin 1	blue	{ citizen, humanity, high, rise, rocket, jean, casual, k3, kombin 1, blue }
4	citizens humanity high rise jeans	skinny denim	k3	kombin 3	blue	{ citizen, humanity, high, rise, jean, skinny, denim, k3, kombin 3, blue }
5	joy denim jacket	chanel fashion	k4	kombin 4	blue	{ joy, denim, jacket, chanel, k4, kombin 4, blue }
6	pre-owned chanel denim jacket jean	miranda kerr	k4	kombin 5	blue	{ preowned, chanel, denim, jacket, jean, k4, kombin 5, blue }

Ön işleme adımından sonra, önerilen yöntem, ürünler arasındaki yakınlığın temsil edildiği bir ürün grafi yapısı oluşturmaktadır. Graflar, düğüm adı verilen varlıklar arasındaki ilişkileri temsil etmede kullanılan etkili veri yapılarıdır. Graf oluşturma aşamasında, her bir ürün bir düğüm olarak temsil edilmekte ve grafin kenarları ise ürünler arasındaki ortak özellikler tarafından belirlenmektedir. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse, bir ürün grafi  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  düğümler kümesi,  $E = (V \times V)$  kenarlar kümesi olmak üzere  $G = (V, E)$  grafi olarak tanımlanmaktadır. Düğüm  $v_i \in G$  verisetindeki  $i$ . ürünü temsil etmektedir. Eğer iki ürünün ortak bir niteliği var ise bu iki düğüm arasında bir kenar var demektir. Graftaki kenarların ağırlığı ise iki düğümün ortak nitelik sayısı ile belirlenir. Bu durumda, verisetinde bulunan  $i$ . ürün ve  $j$ . ürün

eğer  $k$  adet ortak niteliğe sahip ise grafa karşılık geldiği  $v_i$  ve  $v_j$  düğümleri arasındaki  $e_{ij}$  kenarın ağırlığı  $k$  olacaktır. Tablo 1'deki alt öznitelik kümeleri dikkate alındığında, 1. ürün ve 2. ürünün ortak öznitelik sayısı  $|f_1 \cap f_2| = 5$  olduğu görülmektedir. Bu durumda,  $v_1$  ve  $v_2$  düğümleri arasındaki kenar ağırlığı  $e_{12} = 5$  olacaktır. Şekil 1'de Tablo 1'de verilen ürünlerin ortak öznitelik sayısı hesaplanarak elde edilen graf yapısı gösterilmektedir.

Graf oluşturma aşamasından sonra, önerilen yöntem, düğümler arasındaki yakınlığını modellemek için oluşturulan graf üzerinde kısa rastgele yürüyüşler gerçekleştirir. Rastgele yürüyüşler, yollar ve sık alt yapılar gibi düğümler arasında daha karmaşık ilişkiler yansıtan daha yüksek dereceli yakınlığı

keşfetmemizi sağlamaktadır. Bir  $t$  anında düğüm  $v_i$  başlangıç noktası olarak seçildiğinde,  $t + 1$  anı için  $v_i$  ile bağlantılı düğümlerden biri rastgele seçilir. Bu rastgele yürüyüş, önceden belirlenen adım sayısı boyunca devam eder. Graftaki her düğüm için,  $L$  uzunluğunda  $M$  sayıda rastgele yürüyüşler elde edilir. Böylece her bir düğüm sonlu sayıda adımda gidebileceği düğümleri içeren birden fazla yol ile temsil edilir. Burada, herhangi bir düğümden elde edilmiş rastgele yürüyüş  $y$  olarak, graftan elde edilmiş tüm rastgele yürüyüşleri ifade eden küme ise  $Y$  olarak tanımlanır. Örneğin, Şekil 1'de verilen graf yapısı üzerinden örneklendirilmiş 4 uzunluğunda ve 1. düğümden başlayan rastgele bir yürüyüş şu şekilde olabilir:  $y = (1, 3, 4, 5)$ . Fakat oluşturulan ürün grafi ağırlıklı bir graf olduğundan rastgele yürüyüş yönteminin ağırlıklı versiyonu gerçekleştirilir. Ağırlıklı rastgele yürüyüşte, mevcut düğüme bağlı düğümler, kenar olasılığı dikkate alınarak seçilir. Kenar olasılığı, o kenarla ilişkili kenar ağırlığı ile orantılıdır. Özetle, kenar ağırlığı büyük bağlantıların seçilme olasılığı daha yüksektir.

---

#### Algoritma 1: Önerilen yöntemin algoritması

**Giriş:**  $G(V, E)$

Pencere boyutu  $w$   
Temsil boyutu  $d$   
Yürüyüş sayısı  $M$   
Yürüyüş uzunluğu  $L$

**Çıktı:** Ürün temsillerinin matrisi  $\Phi \in \mathbb{R}^{|V| \times d}$

```
1:  $G(V, E) \leftarrow$  Ürün metaverilerinden ürün grafi oluştur
2: for  $i = 0$  to  $n$  do
3:    $y = \text{RasgeleYürüyüş}(G, v_i, L, M)$ 
4:    $Y = Y \cup y$ 
5: end for
6:  $\Phi \leftarrow \text{SkipGram}(R, d, w)$ 
7:  $R = \text{EnYakınKomşu}([v_i, v_j], k=5)$ 
```

---

Önerilen yöntem, her bir ürün  $\Phi_i$  vektörü ile temsil edildiği, ürünler arasındaki yakınlığı yansıtan bir  $\Phi$  ürün temsilleri matrisini kullanarak, ürün önerisi gerçekleştirmektedir. Her bir ürün için sorgulama yapılarak, ürüne en yakın  $k$  adet komşu yakınlık dereceleri ile birlikte öğrenilebilmektedir. Benzer şekilde, birden fazla ürün ya da bir kombin aynı anda sorgulanarak, bu kombine en yakın tamamlayıcı ürünler elde edilebilmektedir. En yakın komşular için vektörler arasındaki mesafe Kosinüs benzerliği kullanarak elde edilir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Veri Seti

Deneyler için Polyvore [13] veri seti kullanılmıştır. Polyvore kullanıcıların kıyafet verilerini oluşturup yükledikleri popüler bir moda sitesidir. Bu moda kıyafetleri, moda öğelerinin resimleri, açıklamaları ve kıyafetin beğeni sayısı gibi zengin çok modlu bilgiler içerir. Polyvore veri kümesi 164.379 öge içerir. Ayrıca, 21.889 adet giyim ürünlerine ait kombin bulunmaktadır. Bu çalışmada, Polyvore veri setinde var olan giyim kategorisi dışında kalan sandalye, masa, çiçek gibi ürünler veri setinden çıkarılmıştır. Veri setimiz bu nedenle 17316 tane kombin ve

Düğüm dizilerini içeren rastgele yürüyüşler elde edildikten sonra, önerilen yöntem, hem düğüme ait düşük boyutlu gömme vektörlerini  $\Phi$  öğrenmek için SkipGram modelini uygular. SkipGram, bağlamsal bir pencere kullanarak bir cümlede görünen kelime çiftlerinin birlikte bulunma olasılıklarını maksimize etmeyi amaçlayan bir doğal dil işleme modelidir. Önerilen yöntemde, SkipGram modeli, her düğüm dizisini bir cümle olarak değerlendirilir ve girdi olarak alır. Her giriş düğümü, bir ikili vektör olan bir-sıcak kodlama ile 0 ve 1'lerden oluşan bir ikili vektör ile temsil edilir. SkipGram, girdi olarak bir hedef düğüm kullanır ve  $w$ 'nin bağlam penceresi boyutu olduğu bir pencerede bağlam düğümlerinin  $2w$  çok terimli dağılımlarını çıkarır. Başka bir deyişle, hedef düğümün solundaki ve sağındaki çevreleyen düğümleri tahmin etmek için bir hedef düğüm kullanılır. Skip-Gram çıktı olarak her bir ürün için  $d$  uzunluğu düşük boyutlu bir gömme vektörü üretir. Önerilen modele ait algoritmanın detayları Algoritma 1'de açıklanmaktadır.

85883 ürün içermektedir. Veri setinde 159 adet farklı kategori bulunmaktadır. Veri setindeki ürünlerin için renk tahsisi yapılmış ve 378 farklı renk ile temsil edilmişlerdir.

### 3.2. Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde, önerilen yöntemin başarısını değerlendirmek için birkaç çevrimdışı deney gerçekleştirdik. Bu deneylerimizde, yürüyüş sayısı  $M = 20$ , yürüyüş uzunluğu  $L = 20$ , pencere boyutu  $w = 20$ , temsil boyutu  $d = 128$  olarak ayarlanmıştır. Şekil 2'de sorgulanan ürüne ve bu ürüne en benzer olarak önerilen en yüksek puanlı ürünlere ait görseller sunulmuştur.

Dört farklı giyim ürünü için önerilen ürünler incelendiğinde, ürünler aynı kategoriden gelen benzer ürünler olduğu görülmektedir. Örneğin; sorgulanan ürün mavi bir kot pantolonu olduğu durumda ise önerilen ürünlerin yine aynı renk koduna sahip mavi kot pantolonları olduğu görülmektedir. Veri setinde çok farklı renkte kot pantolonları olduğu için önerilen ilk beş ürünün aynı kategoride ve aynı renk aralığında olması yöntemin ürünlerin arasındaki yakınlığı modelleme de anlamlı sonuçlar ürettiği gözlemlenmektedir.





Şekil 2. Sorgulanan ürünü ve önerilen yöntemin tavsiye ettiği en yakın benzerliğe sahip ilk beş ürüne ait görseller



Şekil 3. Önerilen yöntemin sorgulanan kombinler için önerdiği tamamlayıcı ürünlere ait görseller

Önerilen yöntem, kombin önerileri için de test edilmiş ve örnek sorgular üzerinden önerilen ürünler Şekil 3’de verilmiştir. İki örnek için iki farklı üst giyim ürünü kombinlenmiştir. Önerilen sistem ile bu kombini tamamlayıcı ürünler olarak bu iki ürüne ayakkabı, çanta ve takı ürünü önermiştir. Önerilen ürünler en bu iki ürüne en yakın uzaklıkta olan ürünlerdir.

Tablo 2. Yöntemlerin Sınıflandırma Başarısı

Yöntem	F-ölçüm (Mikro)	F-ölçüm (Makro)
Word2Vec + RF	%62.92	%41.23
Doc2Vec + RF	%60.74	%30.51
Önerilen Yöntem + RF	%76.72	%35.31

Önerilen yöntemin ürünler arasındaki yakınlığı modellemedeki başarısını analiz etmek için ürün sınıflandırma deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, önerilen yöntemin ürünlere ait düşük boyutlu temsilleri üretilirken kategori bilgisi ürünlerin öznitelik kümelerinden çıkarılmıştır. Yöntemin sınıflandırma başarısı için Rastgele Orman (RF) sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Yöntem Word2Vec ve Doc2Vec yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 2’de yöntemlere ait F-ölçüm değerleri verilmektedir. Elde edilen sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, önerilen yöntemin ürün kategorisi tespitinde Mikro F-ölçüm diğer gömme yönteminden daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Makro F-ölçüm değerine göre en iyi sonuç Word2Vec yöntemi ile edilmiş, fakat önerilen yöntem Doc2Vec yönteminden daha iyi bir sonuç vermiştir. Makro F-ölçüm değeri her sınıf için bağımsız olarak hesaplanır ve ardından ortalaması alınarak elde edilir. Fakat çok sınıflı bir sınıflandırma sürecinde, sınıflara ait örnek sayısı dengesizliği

olabileceğinden ortalama hesabında tüm sınıfların katkılarını tek tek ele aldığı için mikro F-ölçüm bize daha anlamlı bir sonuç sunmaktadır. Bu nedenle, önerilen yöntemin ürünler arasındaki yakınlığı modelleme de diğer iki yöntemden daha iyi olduğu sonucuna varılmaktadır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, giyim ürünlerine ait düşük boyutlu temsilleri içeren gömme matrisi üzerinden sorgulanan ürün ve kombinler için öneriler üreten bir ürün öneri sistemi sunulmuştur. Önerilen sistem, giyim ürünlerine ait açıklayıcı metinlerden oluşan metaverilerini kullanır. Metaveriler kısa ve seyrek metinler içerdiği için seyreklik problemini ele almak için önerilen yöntem ürünleri bir graf yapısı ile temsil etmektedir. Önerilen yöntem, ürünlere ait özellikler arasındaki yakınlığın yansıtıldığı düşük boyutlu vektörel temsiller öğrenmeyi amaçlamaktadır. Yöntem, her bir ürün için birden fazla ürün önerilebilmekte, ayrıca her bir kombin için kombini tamamlayıcı ürünler önerilebilmektedir. Gelecekte, modelimizin performansını farklı ve daha büyük ölçekli veri setlerinde test etmeyi planlıyoruz.

#### Kaynakça

1. Orendorff A (2019) The state of the ecommerce fashion industry: statistics, trends and strategy. <https://www.shopify.com/enterprise/ecommerce-fashion-industry>. Erişim tarihi 13 Ocak 2020.
2. Mikolov, Tomas & Corrado, G.s & Chen, Kai & Dean, Jeffrey. (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. 1-12.
3. Li, J., Huang, G., Fan, C., Sun, Z., & Zhu, H. (2019). Key word extraction for short text via word2vec, doc2vec, and textrank. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 27(3), 1794-1805.
4. Barkan O, Koenigstein N (2016) Item2vec: neural item embedding for collaborative filtering. In: 2016 IEEE 26th international workshop on machine learning for signal processing (MLSP). IEEE, pp 1–6.
5. Grbovic M, Radosavljevic V, Djuric N, Bhamidipati N, Savla J, Bhagwan V, Sharp D (2015) E-commerce in your inbox: product recommendations at scale. In: Proceedings of the 21th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. ACM, pp 1809–1818.
6. Vasile F, Smirnova E, Conneau A (2016) Meta-prod2vec: product embeddings using sideinformation for recommendation. In: Proceedings of the 10th ACM conference on recommender systems. ACM, pp 225–232.
7. Jaradat, Shatha & Dokoohaki, Nima & Matskin, Mihhail. (2020). Outfit2Vec: Incorporating Clothing Hierarchical MetaData into Outfits' Recommendation. 10.1007/978-3-030-55218-3\_5.
8. Won MS, Lee JH.: Embedding for Out of Vocabulary Words Considering Contextual and Morphosyntactic Information. In 2018 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY) 2018 Nov 14 (pp. 212-215). IEEE.
9. Al-Matham RN, Al-Khalifa HS. Synoextractor: a novel pipeline for Arabic synonym extraction using Word2Vec word embeddings. Complexity. Erişim tarihi 27 Şubat 2021.
10. Gori, Maria & Pucci, Augusto. (2006). Research Paper Recommender Systems: A Random-Walk Based Approach.

- Proceedings of the 2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence. 778-781. 10.1109/WI.2006.149.
11. Perozzi, Bryan & Al-Rfou, Rami & Skiena, Steven. (2014). DeepWalk: Online Learning of Social Representations. Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 10.1145/2623330.2623732.
12. Nat Dunn, Python Color Constants Module, <https://www.webucator.com/article/python-color-constants-module>. Erişim tarihi 27 Temmuz 2021.
13. Han, Xintong & Wu, Zuxuan & Jiang, Yu-Gang & Davis, Larry. (2017). Learning Fashion Compatibility with Bidirectional LSTMs. 10.1145/3123266.3123394.
14. Chen W, Huang P, Xu J, Guo X, Guo C, Sun F, Li C, Pfadler A, Zhao H, Zhao B (2019) POG: personalized outfit generation for fashion recommendation at Alibaba iFashion. In: Proceedings of the 25th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining, 25 Jul 2019, pp 2662–2670.
15. Laenen K., Moens MF. (2020) Attention-Based Fusion for Outfit Recommendation. In: Dokoohaki N. (eds) Fashion Recommender Systems. Lecture Notes in Social Networks. Springer, Cham.



# Çene Cerrahisi Doku Yara Tedavisinde Kullanılacak Bir Mikroşerit Anten Tasarımı

Zafer Emre Albayrak<sup>1</sup>, Çetin Kurnaz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6632-1670), [zaferemre.albayrak@gmail.com](mailto:zaferemre.albayrak@gmail.com)

<sup>2\*</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3436-899X), [ckurnaz@omu.edu.tr](mailto:ckurnaz@omu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1010456)

**ATIF/REFERENCE:** Albayrak, Z. E. & Kurnaz, Ç. (2021). Çene Cerrahisi Doku Yara Tedavisinde Kullanılacak Bir Mikroşerit Anten Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 111-116.

## Öz

İnsan çene dokusunda yapılan cerrahi operasyonlar sonrasında doku bölgesinde oluşan yaraların tedavi süreçlerinin kısaltılması büyük önem taşımaktadır. Doku bölgesinde oluşan yaralar düşük frekanslı elektromanyetik dalgalara maruz bırakılarak iyileşme süreçleri kısaltılabilir. Bu çalışmada, çene cerrahisinde çene bölgesinde oluşan yara, ağrı ve ödem tedavisinde kullanılmak üzere CST programı kullanılarak bir anten düzeneği tasarlanmıştır. Anten düzeneği mikroşerit anten ve horn yansıtıcı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Mikroşerit antenin çalışma frekansı elektromanyetik alan tedavileri ile doku iyileşmesinde olumlu sonuçlar veren 27 MHz seçilmiştir. Anten düzeneği ile elektromanyetik alanın sadece insan çene bölgesine ışınması sağlanmıştır. Tasarlanan anten düzeneği ile oluşan elektrik alan ve manyetik alan değerleri ve bu değerler sonucunda çene bölgesinde oluşan SAR değerleri hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroşerit anten, Çene dokusu, Elektromanyetik alan tedavisi, CST.

## Design of a Microstrip Antenna to be Used in Maxillofacial Surgery Tissue Wound Treatment

### Abstract

It is of great importance to shorten the treatment processes of wounds formed in the tissue area after surgical operations on human jaw tissue. Healing processes can be shortened by exposing the wounds in the tissue area to low-frequency electromagnetic waves. In this study, an antenna assembly was designed using the CST program to be used in the treatment of wounds, pain and edema in the jaw area in maxillofacial surgery. Antenna assembly consists of two parts: microstrip antenna and horn reflector. 27 MHz was chosen as the operating frequency of the microstrip antenna, which gives positive results in tissue healing with electromagnetic field treatments. With the antenna assembly, it is ensured that the electromagnetic field radiates only to the human chin area. The electric field and magnetic field values formed by the designed antenna assembly and the SAR values formed in the chin area as a result of these values were calculated.

**Keywords:** Microstrip antenna, Jaw tissue, Electromagnetic field therapy, CST.

\* Sorumlu Yazar: [ckurnaz@omu.edu.tr](mailto:ckurnaz@omu.edu.tr)

## 1. Giriş

Diş hekimliği cerrahi branşlarında insan çene bölgesine birçok farklı operasyon yapılmaktadır. Bu operasyonlar sonrasında çene bölgesinde oluşan doku yaralarının iyileşme sürelerinin kısaltılması; komplikasyonları önlemek, hastanın normal hayata dönüş süresi kısaltmak, tedavi başarı oranı arttırmak ve enfeksiyonları önlenmek adına büyük önem taşımaktadır. Literatürde çene bölgesinde oluşan kemik ve doku hasarlarının iyileşme sürelerinin kısaltılmasında elektromanyetik alan kullanımı üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda temel olarak uygun antenler aracılığıyla doku bölgesi elektromanyetik alana maruz bırakılarak doku bölgesindeki yaralanmaların tedavi edilmektedir (Al-Mandee vd., 2008). Federal İletişim Kurumu (Federal Communications Commission, FCC) 40.68 MHz, 13.56 MHz ve 27.12 MHz frekanslarını klinik koşullarda doku yara tedavisinde kullanılmak üzere tahsis etmiştir (Foley vd., 1990). Literatürde yapılan doku yara tedavileri çalışmalarında genellikle 27 MHz frekanslı spiral veya helmholtz bobin antenler kullanılmıştır (Guo vd., 2011).

Diş ve çene cerrahisinde gömülü diş çekimleri, sinüs yükseltme, implant tedavisi, distraksiyon osteogenezisi, ortognatik cerrahi, çene nekroz tedavisi gibi operasyonlar sonrasında doku bölgesinde oluşan yaraların iyileşme sürelerini hızlandırılmak komplikasyonları önlemek, hastanın normal hayata dönüş süresini kısaltmak, tedavi başarı oranını arttırmak, enfeksiyon riskini azaltmak, başarısızlık nedeni ile doğacak ek tedavi masraflarının önüne geçmek büyük önem taşımaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde başarılı sonuçlar alınan çalışmaların yanı sıra elektromanyetik alan tedavisinin doku ve kemik iyileşmesi üzerine tek başına yeterli olmadığı ancak ek bir tedavi şeklinde uygulanabileceği yönünde çalışmalarda mevcuttur. Mandibula kırıklarının tedavisinde yapılan bir çalışmada darbeleri elektromanyetik alan uygulamasının kemik yoğunluğunda artış meydana getirdiği belirlenmiştir (Refai vd., 2013). Mandibula kırıklarında darbeleri elektromanyetik alan uygulamasının kırık iyileşmesinde yararlı bir etki gösterdiği belirtilmiştir (Abdelrahim vd., 2011). Ağız bölümünün dışına konumlandırılan darbeleri elektromanyetik alan cihazının, doku bölgesinde oluşan yara ve ağrı tedavisinde etkili olduğu belirtilmiştir (Stocchero vd., 2015). Diş hekimliğinde yapılan operasyonlar sonrasında darbeleri elektromanyetik alan uygulamasının ağrı ve iltihaplanma üzerine iyileşme sağladığı ayrıca ve preoperatif uygulandığında ağrı üzerinde etkisinin arttığı belirtilmiştir (Aronofsky, 1971). Darbeleri elektromanyetik alan uygulamasının oral cerrahi sonrası ağrı ve ödem tedavi süreçlerini kısalttığı belirtilmiştir (Rhodes, 1981). İmplant tedavisi sonrasında darbeleri elektromanyetik alan uygulanan hastalarda, uygulanmayan gruplara göre daha hızlı kemik iyileşmesi olduğu belirtilmiştir. (Atay vd., 2003). Tavşanlarda uygulanan implant yerleştirilmesi sonrasında darbeleri elektromanyetik alanın kemik osteoblastik aktivitesi ve yeni trabeküller kemik oluşumunu olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Özen vd., 2004). Darbeleri elektromanyetik alanın farelerdeki doku yaralarının iyileştirilmesi üzerine etkileri takip edilmiş ve 9 gün içinde anlamlı bir iyileşmenin olduğu gözlemlenmiştir (Athanasίου vd., 2007). Diyabetik farelerde oluşan yaraların tedavisi edilmesinde, darbeleri elektromanyetik alan uygulanan farelerdeki yara iyileşme süresinin uygulanmayan farelere göre daha hızlı olduğu belirlenmiştir (Goudarzi vd., 2010). Belirli zaman aralıklarında uygulanan elektromanyetik

alanın, kemik iyileşmesinde ve peri-implant kemik oluşumunda tedavi şekli olarak kullanılabilmesi yönünde olumlu sonuçlar belirtilmiştir (Grana vd., 2008). Düşük frekanslı darbeleri elektromanyetik alan tedavisinin kusurlu kemik oluşumundaki kök hücrelerin kalsiyum oranı ve hücre sayılarını arttırdığı belirtilmiştir (Tsai vd., 2009). Elektromanyetik alan tedavilerinin gelişimi, tekniği, cihazlar ve geleceği konusunda yapılan çalışmalara yer verilmiştir (Markov, 2007). Darbeleri elektromanyetik alanın implant ile kemik arasındaki formasyon sürecini hızlandırdığı ve tedavi başarı oranını arttırdığı belirtilmiştir (Barak vd., 2016). Düşük voltajlı elektrik sinyallerinin dokuda oluşan yaraların iyileşme sürelerinin hızlandırdığı belirtilmiştir (Weiss vd., 1990).

Bu çalışmada, CST programı kullanılarak insan çene dokusunda oluşan yaraları iyileştirmek amacı ile bir anten düzeneğinin tasarımı yapılmıştır. Anten düzeneği mikroşerit anten ile horn yansıtıcı olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Mikroşerit anten 27 MHz frekansında çalışmakta olup horn yansıtıcı ile sadece çene bölgesine ışın yapılması sağlanmıştır. Anten düzeneği, insan kafa yapısında bulunan beyin, göz gibi hassas organlara etki etmeyecek ve çene bölgesinde uygun SAR değerlerinde olacak şekilde oluşturulmuştur.

## 2. Materyal ve Metot

Mikroşerit anten tasarımında genel olarak ilk aşamada çalışma frekansı ( $f_r$ ), elektriksel geçirgenlik katsayısı ( $\epsilon_r$ ) ve dielektrik malzemenin yüksekliği ( $h$ ) belirlenir. İkinci aşamada ise yama (patch) kısmın genişliği ( $W$ ), yalıtkanın geçirgenlik katsayısının etkin değeri ( $\epsilon_{eff}$ ), yama boyundaki saçaklanmaya bağlı değişim ( $\Delta L$ ) sırasıyla (1), (2), (3) eşitliklerinde verildiği gibi hesaplanır (Balanis, 2005).

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (3)$$

Yamanın etkin uzunluğu ( $L_{eff}$ ) aşağıda verildiği gibi hesaplanır.

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (4)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (5)$$

Dikdörtgen mikroşerit yama kısmının üstten görünüşü ve üç boyutlu görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Dielektrik tabakanın kalınlığı ile serbet uzaydaki dalga boyu ( $\lambda_0$ ) arasındaki ilişki (6) eşitliğinde verildiği gibidir (Balanis, 2005).

$$0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0 \quad (6)$$

Dielektrik tabakanın genişliği ve uzunluğuna ait ifadeler (7) ve (8) verildiği gibidir (Balanis, 2005).

$$W_s = W + 6h \quad (7)$$

$$L_s = L + 6h \quad (8)$$



Yama kolunun genişliği (9) eşitliğinde verildiği gibidir.

$$W_m = \frac{7.48 h}{e^{\left(\frac{Z_0 \sqrt{\epsilon_r + 1.41}}{87}\right)}} - 1.25t \quad (9)$$

Burada t iletken malzemenin (yama ve toprak) kalınlığını ifade etmektedir.

Yama kolunun uzunluğu (10) eşitliğindeki gibi hesaplanır.

$$L_m = \left(\frac{c}{f}\right) / (4 \sqrt{K}) \quad (10)$$

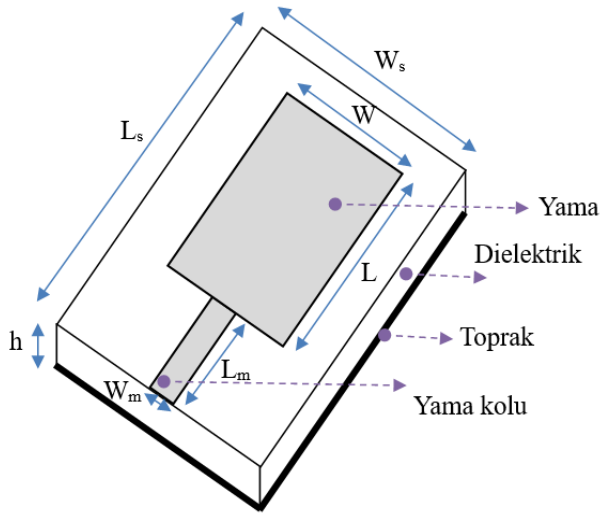
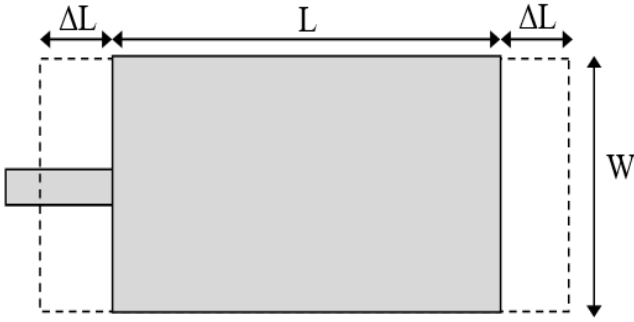
Burada K değeri (11) eşitliğinde verildiği gibidir.

$$K = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2}\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{h}{W_t}\right)^2}}\right) \quad (11)$$

Burada;

$$G = \sqrt{4500 (\epsilon_r)^2 \left(\frac{L}{W}\right)^2 / (\epsilon_r - 1)}, \quad a_3 = e^{(G \sqrt{\epsilon_r} / 60)}, \quad p = 4ha_3,$$

$$q = 32h^2, \quad W_t = -\left(\frac{p}{2}\right) - \sqrt{\left(\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q\right)}$$



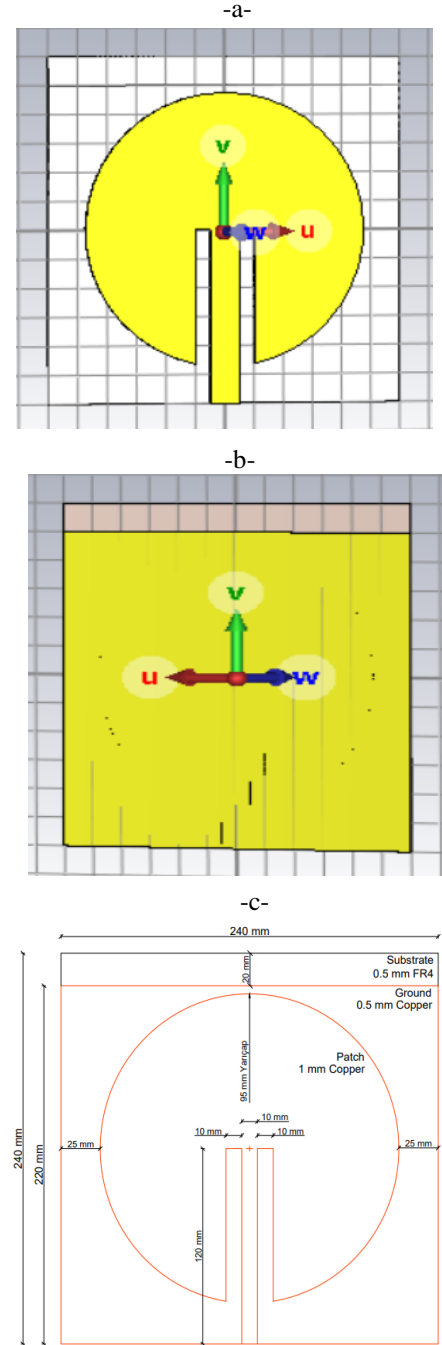
Şekil 1. Antenin yama kısmının üstten ve üç boyutlu görünümü

Yansıma katsayısı (reflection coefficient, S<sub>11</sub>) antenin çalışma frekans aralığının belirtilmesi için kullanılan temel parametre olup (12) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanır.

$$\Gamma = S_{11} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (12)$$

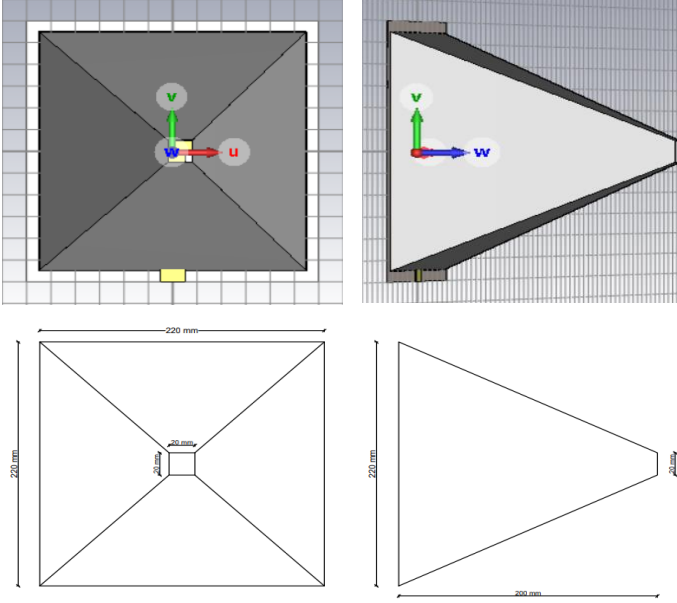
Burada Z<sub>L</sub> yük direncini, Z<sub>0</sub> ise antenin karakteristik empedansını göstermektedir.

Şekil 2'de tasarlanan mikroşerit anten yapısı verilmiştir. Mikroşerit anten tasarımında, mikroşerit anten ölçülerinin belirlenmesinde kullanılan formüller ile beraber yama (patch), dielektrik (substrate) ve toprak (ground) kısımlarının geometrileri düzenenerek anten boyutları küçültülmüştür. Tasarımı yapılan mikroşerit antenin toprak tabakası 0.5 mm kalınlığında bakır malzeme, dielektrik tabakası 0.5 mm kalınlığında FR-4 malzeme ve yama dairesi 1 mm kalınlığında bakır malzemedir. Tasarlanan mikroşerit antenin ebatları Şekil 2.c'de detaylı şekilde verilmiştir.



Şekil 2. Tasarlanan mikroşerit antenin a) önden, b) arkadan görünüşü, c) ebatları

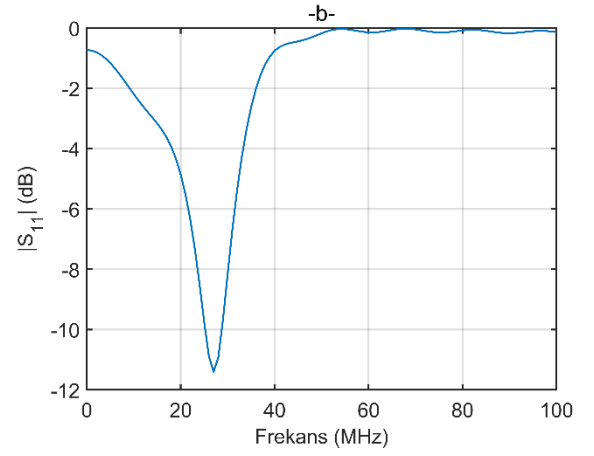
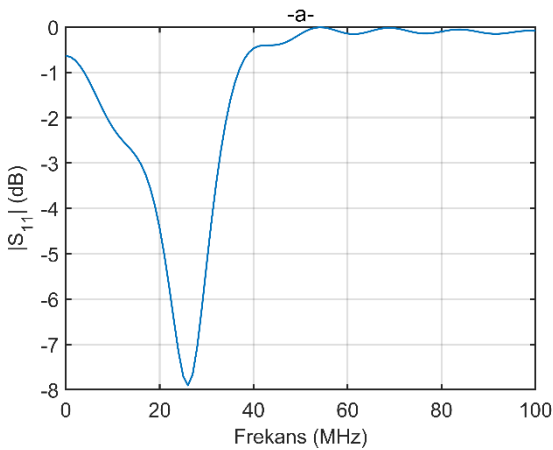
Mikroşerit antenin üzerine uygun frekans değerinin sağlanması ve lokal bir bölgeye ışınım yapması amacıyla horn yansıtıcı ilave edilmiştir. Horn yansıtıcı 0.5 mm kalınlığında 200 mm uzunluğunda çelik malzemeden oluşmakta olup taban ebatları 220 mm x 220 mm, üst kare ebatları 20 mm x 20 mm'dir. Mikroşerit horn yansıtıcı yapısı ve ebatları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Tasarlanan horn yansıtıcı ve ebatları

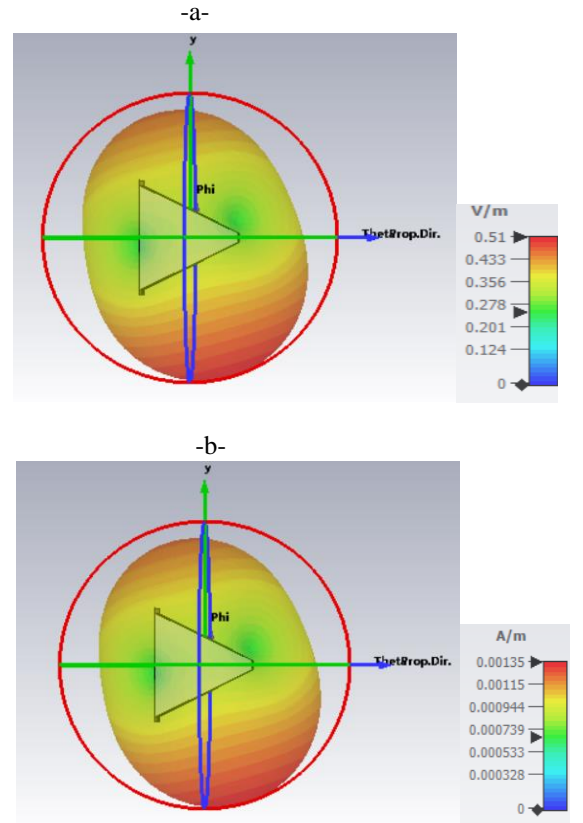
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

CST programı kullanılarak tasarımı yapılan mikroşerit antenin horn yansıtıcı yapısı varken ve yokken ki yansıtma katsayısı ( $S_{11}$ ) farklılık göstermektedir. Horn yansıtıcı yokken (Şekil 4.a) mikroşerit antenin 27 MHz frekansında  $S_{11}$  değeri -7.67 dB iken bu değer horn yansıtıcı varken (Şekil 4.b) -11.4 dB'dir.



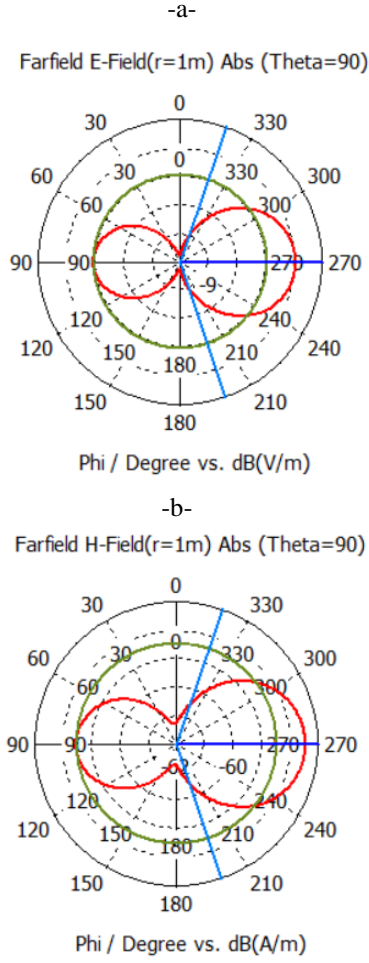
Şekil 4. Horn yansıtıcı yüzey a) yokken, b) varken antenin  $S_{11}$  değeri

CST'de yapılan benzetimlerde antene 50 W güç verildiğinde antenden 0.51 V/m elektrik alan (E), 0.001 A/m manyetik alan (H) değeri elde edilmiştir. CST' de yapılan benzetim sonucunda elde edilen elektrik alan ve manyetik alan üç boyutlu görselleri Şekil 5'de verilmiştir.



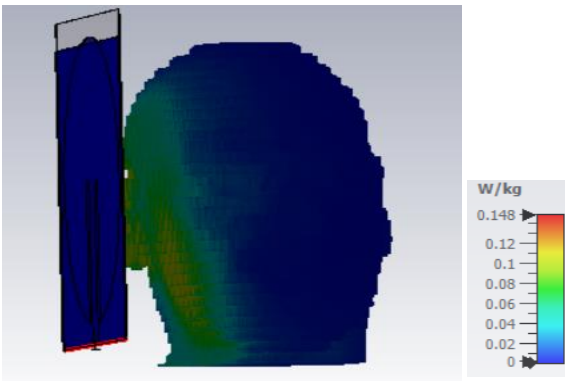
Şekil 5. Anten düzeneğine ait a) elektrik alan, b) manyetik alan dağılımı

Tasarlanan antenin bir boyutlu ışınma grafikleri Şekil 6'da verilmiştir.



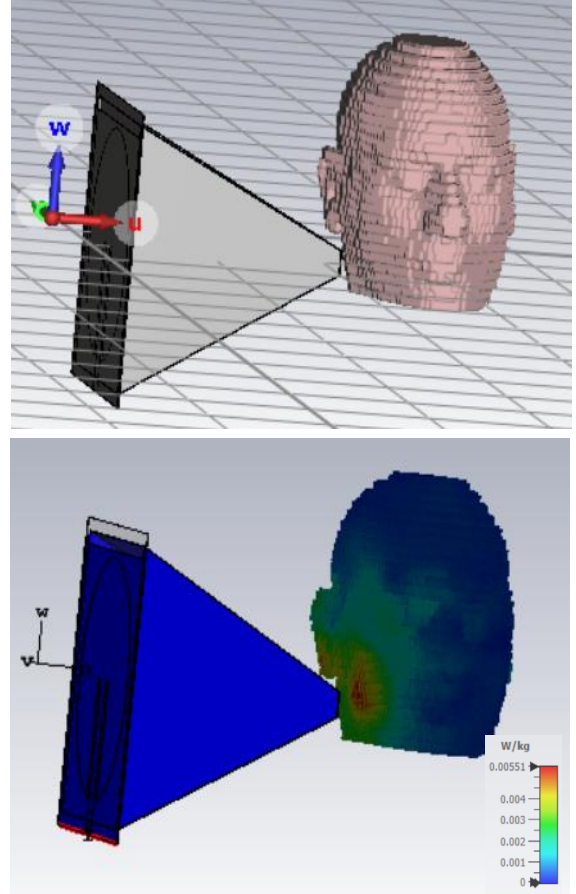
Şekil 6. Anten düzeneğinin bir boyutlu a) elektrik alan, b) manyetik alan ışınma diyagramı

Mikroşerit anten ile CST'de yer alan insan kafa modeli üzerinden yapılan benzetim sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Antenin yaptığı ışınma insan kafa modelinin sağ tarafında yer alan bölümünün tamamını kaplamaktadır. Bu durum çene bölgesinde yer alan doku yaraları ile beraber beyin, göz gibi hassas organların da elektromanyetik alana maruz kalmasına sebep olmaktadır. Benzetim sonuçlarında 50 W anten giriş gücünde 0.148 W/kg özgül soğurma oranı (Specific Absorption Rate, SAR) değeri elde edilmiştir.



Şekil 7. Mikroşerit anten insan kafası benzetim sonuçları

Tasarlanan anten düzeneği CST programında yer alan insan kafa modeli üzerinden anten giriş gücü 50 W değeri verilmiş ve sonuçlar Şekil 8'de gösterilmiştir. Yapılan benzetim sonucunda antenin sadece çene bölgeye ışınma yapması sağlanmıştır ve en yüksek 0.005 W/kg SAR değeri elde edilmiştir. Bu değer ICNIRP tarafından belirlenen tüm vücut için 0.08 W/kg ve kısmi vücut bölgesi için 2 W/kg limit değerinin çok altındadır.



Şekil 8. Anten düzeneği ile CST insan kafa modeli benzetimi

## 4. Sonuç

Bu çalışmada çene cerrahisi operasyonları sonrası doku bölgesinde oluşan yaraların tedavi süresini azaltmak amacı ile 27 MHz frekans bandında çalışan bir anten düzeneği tasarlanmıştır. CST programı üzerinden alınan sonuçlar doğrultusunda 27 MHz frekansında -11.4 dB  $S_{11}$  değeri elde edilmiştir. Tasarlanan anten, horn yansıtıcısı ile istenilen bölgeye ve daha lokal bir alana ışınma yapabilme imkanına sahiptir. Böylece vücudun diğer organlarının bu ışımadan etkilenmelerinin önüne geçilebilmektedir. Benzetim sonucunda antene 50 W güç verildiğinde antenden 0.51 V/m elektrik alan, 0.001 A/m manyetik alan değeri elde edilmiştir. CST insan modeli üzerinden yapılan benzetim sonucunda ise 50 W gücünde 0.005 W/kg SAR değeri elde edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde doku yara tedavisi için belirli bir elektrik alan veya manyetik alan değeri belirlenmemiştir. Bu sebeple tasarlanan antenin giriş gücü artırılarak veya azaltılarak istenilen elektrik alan ve manyetik alan değerleri elde edilebilir. Bu çalışma ve sonuçları elektromanyetik alan tedavilerinin doku bölgesinde oluşan yaraların tedavi edilmesi yönünde yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

## **Kaynakça**

- Abdelrahim A., Hassanein H.R., Dahama M., (2011). Effect of pulsed electromagnetic field on healing of mandibular fracture: a preliminary clinical study. *J Maxillofac Oral Surg* 69(6): 1708–1717.
- Al-Mandeel M. M., Watson, T. (2008). Pulsed and continuous shortwave therapy. In: Watson, T. Editor, *Electrotherapy: Evidence-Based Practice* (pp. 137–160), 12th edition, Edinburgh, New York: Churchill Livingstone.
- Aronofsky D.H. (1971). Reduction of dental postsurgical symptoms using nonthermal pulsed high-peak-power electromagnetic energy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 32(5):688-696.
- Atay A, Özen J, Oruç S, Dalkız M, Beydemir B, Halaç E. (2003). Diş hekimliğinde implant çevresindeki kemik iyileşmesinin hızlandırılmasında kullanılabilecek elektromanyetik alan darbe üretici tasarımı. *Gülhane Tıp Dergisi* 45(4): 350- 354.
- Athanasίου A., Karkambounas, S., Batistatou, A., Lykoudis, E., Katsaraki, A., Kartsioni, T., et al., (2007). The effect of pulsed electromagnetic fields on secondary skin wound healing: an experimental study. *Bioelectromagnetics*, 28(5):362-368.
- Balanis C.A., (2005). *Antenna Theory: Analysis and Design*: Willey-Inter Science.
- Barak S, Neuman M, Iezzi G, Piattelli A, Perrotti V, Gabet Y. (2016). A new device for improving dental implants anchorage: a histological and micro-computed tomography study in the rabbit. *Clin Oral Implants* 27(8): 935-942.
- Foley N.D., Barry C., Coughlan R.J., O'Connor P., Roden D. (1990). Pulsed high frequency (27MHz) electromagnetic therapy for persistent neck pain. A double blind, placebocontrolled study of 20 patients. *Orthopedics*, 13(4):445-451.
- Goudarzi I., Hajizadeh, S., Salmani, M. E., Abrari, K. (2010). Pulsed electromagnetic fields accelerate wound healing in the skin of diabetic rats. *Bioelectromagnetics*, 31(4):318-323.
- Grana D.R., Marcos H, Kokubu G.A. (2008). Pulsed electromagnetic fields as adjuvant therapy in bone healing and peri-implant bone formation: an experimental study in rats. *Acta Odontol Latinoam* 21(1): 77-83.
- Guo L., Kubat N.J., Isenberg R.A. (2011). Pulsed radio frequency energy (PRFE) use in human medical applications. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 30(1): 21-45.
- Markov M. S., (2007). Pulsed electromagnetic field therapy history, state of the art and future. *The Environmentalist*, 27: 465-475
- Özen J, Atay A, Oruç S, Dalkız M, Beydemir B, Develi S. (2004). Evaluation of pulsed electromagnetic fields on bone healing after implant placement in the rabbit mandibular model. *Turk J Med* 34(2): 91-95.
- Refai H., Radwan D., Hassanien N. (2014). Radiodensitometric Assessment of the Effect of Pulsed Electromagnetic Field Stimulation Versus Low Intensity Laser Irradiation on Mandibular Fracture Repair: A Preliminary Clinical Trial. *J Maxillofac Oral Surg* 13(4): 51-457.
- Rhodes L, (1981). The adjunctive utilization of diapulse therapy (pulsed high peak power electromagnetic energy) in accelerating tissue healing in oral surgery. *Nat Dent Assoc Quarterly* 39(1): 166-175.
- Stocchero M, Gobbato L, De Biagi M, Bressan E, Sivolella S. (2015). Pulsed electromagnetic fields for postoperative pain: a randomized controlled clinical trial in patients undergoing mandibular third molar extraction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 119(3):293-300.
- Tsai M. T., Li, W. J., Tuan, R.S., Chang, W. H. (2009). Modulation of osteogenesis in human mesenchymal stem cells by specific pulsed electromagnetic field stimulation. *Journal of Orthopaedic Research*, 27(9):1169-1174.
- Weiss D. S., Kirsner, R., Eaglstein, W. H. (1990). Electrical stimulation and wound healing. *Archives of dermatology*, 126(2):222-225.





# Effect of Benchmark Datasets on Protein Structure Prediction as a Concept

Nuh Azginoglu<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Kayseri University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Computer Engineering, Kayseri, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4074-7366), [nuhazginoglu@kayseri.edu.tr](mailto:nuhazginoglu@kayseri.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1014716)

**ATIF/REFERENCE:** Azginoglu, N. (2021). Effect of Benchmark Datasets on Protein Structure Prediction as a Concept. *European Journal of Science and Technology*, (29), 117-121.

## Abstract

Knowing the protein structures is essential in understanding the job descriptions of proteins involved in vital functions, drug design, and many more. On the other hand, protein structure prediction is an alternative bioinformatics sub-study field to shorten the process that takes a long time in the laboratory environment. Performance analyzes of the methods developed in this field are generally made on benchmark datasets. The size of the datasets directly affects the algorithm runtime. In this study, how to benchmark datasets are reflected in the results is analyzed. Within the scope of the study, two different benchmark datasets, CB513 and EVASet, and two different protein structure prediction methods, JPred and Porter, were used. The study is a source of inspiration for further studies with the idea of developing benchmark datasets that are comprehensive in terms of protein properties but contain as little data as possible in terms of data size.

**Keywords:** Protein structure prediction, Benchmark dataset, Concept.

## Kıyaslama Veri Kümelerinin Protein Yapı Tahminine Etkisi: Bir Kavram Çalışması

### Öz

Protein yapılarının bilinmesi hayati fonksiyonlarda görev alan proteinlerin görev tanımlarının anlaşılabilmesi, ilaç tasarımı ve daha birçok açıdan öneme sahiptir. Protein yapı tahmini ise laboratuvar ortamında oldukça uzun zaman alan süreci kısaltmak için alternatif bir biyoinformatik alt çalışma alanıdır. Bu alanda geliştirilen yöntemlerin performans analizleri genel itibarıyla kıyaslama (benchmark) veri kümeleri üzerinden yapılmaktadır. Veri kümelerinin büyüklüğü algoritma çalışma zamanlarına doğrudan etki etmektedir. Bu çalışmada kapsamında kıyaslama veri kümelerinin sonuçlara nasıl yansıdığı analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında iki CB513 ve EVASet olmak üzere iki farklı kıyaslama veri kümesi, JPred ve Porter olmak üzere iki farklı protein yapı tahmini yöntemi kullanılmıştır. Çalışma, protein özellikleri açısından geniş kapsamlı ancak, veri büyüklüğü anlamında olabildiğince az veri içerecek olan benchmark veri kümeleri geliştirme fikri itibarıyla sonraki çalışmalar için esin kaynağı niteliğindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Protein yapı tahmini, Kıyaslama veri kümesi, Kavram.

\* Corresponding Author: [nuhazginoglu@kayseri.edu.tr](mailto:nuhazginoglu@kayseri.edu.tr)

## 1. Introduction

Proteins are the building blocks of the body and play an essential role in almost all basic functions and growth (van Goudoever et al., 2014; Aydin et al. 2019). From this point of view, knowing the structure of proteins can contribute significantly to many issues such as body defense (Krishnan, 1932), treatment and drug design (Silverman & Holladay, 2014). Protein structure is a subject that has been studied for years, and a hierarchical order consisting of four different classes (KU, 1952) has been proposed to customize the studies and conduct them more efficiently. Protein secondary structure refers to the hydrogen bonding patterns that express the state of the protein between its primary structure consisting of amino acids and its three-dimensional form in space. The way to know the tertiary structure of the protein is through the determination of the secondary structure.

Determination of protein structure in the laboratory is an uphill task that takes a long time. Thanks to the developing technology and bioinformatics studies, structure estimation studies have provided successful results in recent years. Protein secondary structure prediction is also a studied subject, and many methods have been developed specifically for the issue (Atasever et al., 2019, Azginoglu et al., 2020; Jones, 1999; Pirovano & Heringa, 2010). Many different methods have been used for protein secondary structure prediction, such as Hidden Markov Models (Asai, 1993), neural networks (Holley & Karplus, (1989), and deep learning (Spencer et al., 2014). The performance analysis of these methods is carried out on benchmark datasets, and in this respect, it has a crucial place on the subject. The benchmark dataset must represent the problem and must be of acceptable size in terms of computational cost.

Looking at the studies in the literature, while there are studies on new method development, existing methods (Bouziane et al., 2015; Le et al., 2017), and comparison of prediction servers (Bujnicki et al., 2001), no studies are evaluating the protein secondary structure benchmark datasets to the best of our knowledge. Within the scope of this study, the effect of benchmark datasets on the success of the methods and the results obtained were examined. Thus, it was focused on whether it would be inconvenient to use smaller, less costly benchmark datasets instead of large datasets in computational cost.

It was determined that the data sets we used in our study did not differ much in measuring the success of the methods. However, this does not mean that the same result will be obtained when different datasets or techniques are used. If the study we have carried out as a concept study is expanded in terms of datasets, datasets that are qualitatively broad but quantitatively narrow-scoped can be developed with the results to be obtained so that running time can be reduced in parallel with computation cost.

## 2. Material and Method

### 2.1. Dataset

Two different benchmark datasets, CB513 (Cuff & Barton, 1999) and EVASet (Koh et al., 2003), were used in this study. These are challenging, and difficult datasets used to measure the performance of methods developed for secondary structure, solvent accessibility, and torsion angle estimation. We used these

datasets only for secondary structure prediction. CB513 contains 513 proteins and a total of 84119 amino acids (residue), while EVASet includes 2876 proteins and a total of 584595 amino acids after excluding proteins containing less than 30 amino acids. Datasets are in the form of multiple Fasta (Pearson & Lipman, 1988) files in a single text file.

### 2.2. Dataset

#### 2.2.1. JPred

JPred is a protein secondary structure prediction server using the JNet algorithm. In this study, Jpred4 (Drozdetzkiy et al., 2015), the latest version of JPred, was used as a secondary structure prediction method.

We used JPred4 via web server, which has certain restrictions (<http://www.compbio.dundee.ac.uk/jpred4>). JPred4 does not accept submissions for more than 200 proteins at the same time. For this reason, we first divided our dataset into parts from  $\leq 200$ . Therefore, it was planned to submit eighteen different jobs as  $(200 \times 2) + (113 \times 1)$  three for CB513 containing a total of 513 proteins, and  $(200 \times 14) + (76 \times 1)$  fifteen jobs for EVAset containing a total of 2876 proteins.

JPred4 does not accept proteins containing more than 800 residues of amino acids as a single input. For this reason, we divided in two the amino acid sequences of 25 proteins containing more than 800 amino acids that we detected in EVASet (The IDs of these proteins are: 1b0pA, 1bglA, 1bxaA, 1c7sA, 1clqA, 1e7uA, 1ej6A, 1ej6C, 1epwA, 1eulA, 1ffyA, 1h3nA, 1h6zA, 1hq7sA, 1hty 1jncwA, 1kqvA, 1hty5A, 1kcv2A, 1hty1, 1qb4A, 1qgkA, 2btvA.) and submitted them separately. Therefore, a total of 19 jobs, 3 for CB513 and  $15+1=16$  for EVASet, were submitted to the JPred4 web server with different names. The results of the proteins submitted in two fragments were combined after the estimation process.

Fasta files containing multiple proteins were submitted to the JPred4 server as advanced options with Single Sequence (Batch Mode) and Skip Searching PDB Before Prediction options. JPred accepts only a certain number of submissions per day from an e-mail address. For this reason, we need to state that submissions are made from five different e-mail accounts not to delay the works. Under these circumstances, we can say that the JPred4 estimates for the datasets we use are completed in less than half a day, and, it's a reasonable time.

After the JPred4 estimates are completed, an e-mail is informed, and the download link of the \*.tar.gz file containing the results is sent. After all the predictions were achieved, \*.name files to determine the name of the relevant protein, and \*.simple.html files to determine the secondary structure prediction result were used among the result folders containing many files from alignment files to structural matrices.

```

Query_name: 1qgpA
Query_length: 76

LSSFQELSIYQDQEQRIKLFLEELGEGKATTAHDLGKLGTPKKEINRVLYSLAKKGL
CCCCCCCCCCHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHH
EEEEEEEEEBEEEEEBBEBBEEEBEEEEEBEBBEEEBEBEBEBEBEBEBEBEBEBEB
E

QKEAGTPPLWKIAVSD
EECCCCCEEECCCC
EEEEEBBEBEBEBEE

```

Figure 1. Porter Estimation Result for a Sample Protein

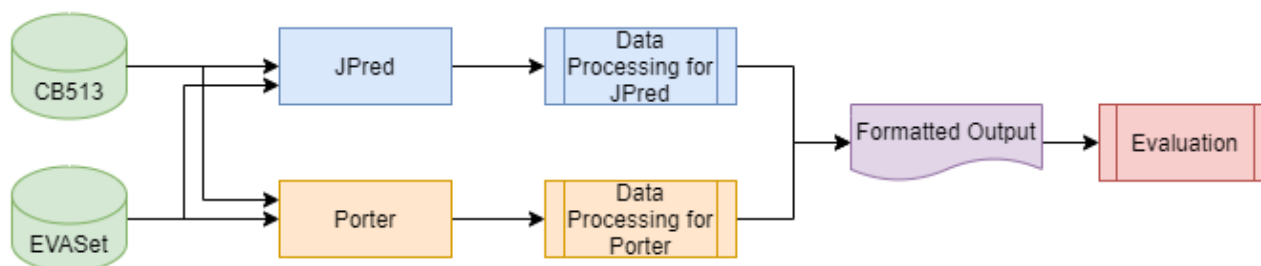


Figure 2. Experimental Setup

An automated programmatic way has been developed to select the files to be used and the deletion of the files that will not be used from the disk (it can take up approximately 200 MB of space for just a protein depending on the protein size). Python was used as the programming language, and Jupyter Notebook was used as the programming editor.

### 2.2.1. Porter

Porter is an ensemble of 25 different bidirectional recurrent neural networks, a protein secondary structure, and a solvent accessibility prediction server (PaleAle for solvent accessibility prediction). In this study, Porter 4.0 (Mirabello & Pollastri, 2013), the latest version of Porter, was used for protein secondary structure prediction.

The Porter server (<http://distillf.ucd.ie/porterpaale/>) accepts input in Fasta format up to 64 kilobytes (KB). For our input size not to exceed 64 KB, the datasets were submitted to the system as divided into sections of approximately 250 proteins. The CB513 ((1 x 250) + (1 x 263) = 513 proteins) is divided into two different, and the EVASet ((11 x 250) + (1 x 126) = 2876 proteins) was divided into twelve different jobs. Porter completed all the submitted jobs in about half a day, similar to JPred. Prediction result (output) of The Porter Server for a sample protein is given in Figure-1.

After the Porter predictions were completed, the results obtained for each dataset were combined. A new file was generated with two lines separated for each protein. (name of the protein and the protein secondary structure prediction query). Python programming language was used during this generating process. In its final form, the same format output was produced using both JPred and Porter prediction results.

### 2.3. Experimental Setup

In this study, in which two benchmark datasets and two different methods are used, firstly, the data is converted into the format accepted by the methods. Then the prediction results are obtained by giving them to the system. Outputs in different forms were converted into a standard format, and then their prediction performance was evaluated. Experiment setup and workflow are given in Figure-2.

## 3. Results

Average Three-state Prediction Accuracy (Q3) (Rost & Eyrich, 2001), Segment Overlap Measure (SOV) (Zemla et al., 1999), Class-specific Recall (R), and Precision (P) were used to evaluate the results of the experiments conducted in this study. The overall accuracy was calculated by taking the percentage of the value obtained by dividing the correctly predicted number of amino acids by the total number of amino acids. Q3 is one of the most popular statistical performance measures. Here three symbol denotes secondary structure labels. On the other hand, SOV aims to calculate the overlap ratio between the actual class label and the predicted class label segments.

In Table-1 and Table-2, confusion matrixes obtained using the CB513 dataset are given. Table-1 presents the results obtained with JPred, and Table-2 presents the results obtained with the Porter method. The vertical axis represents the actual label in the tables, and the horizontal axis represents the estimation results. Table-5 and Table-6 show the results obtained using the EVASet dataset. Table-3 and Table-4 give the P, R, Q3, and SOV results of JPred and Porter methods, respectively, using the CB513 dataset. Values were calculated both on a class level and as a total. All values are given in the table, and the essential values for us to compare are the Q3 and SOV values. Table-7 and Table-8 present the results of the JPred and Porter method obtained using the EVASet dataset. Both dataset-based and method-based comparisons were made since two different datasets (Cb513 and EVASet), and two different methods (JPred and Porter) were used during the experiments.

When we make a comparison as a data set, when we look at the results obtained from the JPred method, it is seen that there is a 0.40% (78.31%-77.91%) difference in the Q3 results. Similarly, a difference of 0.40% (73.79%-73.39%) is also observed in SOV results. We can say that this difference is not statistically significant for either metric (z-score and p-value values were used at this point). For this reason, the dataset difference in CB513 and EVASet did not significantly affect the results. In the Porter method, the difference between datasets for Q3 is 0.25% (82.67%-82.42%) for CB513 and 0.59% for EVASet. (79.50%-78.91%). These values were also not statistically significant, and there was no obvious difference between the two data sets in the experimental results. When the methods are compared, it is seen that the Porter method is more successful on CB513 with a rate of 4.36% (Q3) and 5.61% (SOV), and on EVASet, 4.51% (Q3) and 5.52% (SOV) is more successful than the JPred method.

However, a detailed comparison was not made for the working time of JPred and Porter, as it was not within the scope of the study. Since the number and size of the jobs waiting in the queue cannot be known clearly, we would like to point out that such a comparison can only be made by installing these two methods on the local server.

If we evaluate the results obtained, considering that both CB513 and EVASet are difficult datasets, the fact that there is not much difference in the success rates based on the dataset shows that the dataset containing less protein is computationally preferable. In this respect, CB513 (513 protein, 84119 amino acids) among the two datasets shows that it is preferable to EVASet (2876 protein, 584595 amino acids) due to the low number of both protein and amino acids it contains in general terms. When an evaluation was made within the scope of the methods, it was seen that the Porter method gave better results in the range of about 4%-6% compared to JPred, and therefore it was preferable.

Table 1. Confusion Matrix for JPred (CB513)

		Predicted			
		H	E	L	Total
Actual	H	22476	392	6229	29097
	E	495	12833	5731	19059
	L	2557	2843	30563	35963
	Total	25528	16068	42523	84119

Table 2. Confusion Matrix for Porter (CB513)

		Predicted			
		H	E	L	Total
Actual	H	25134	249	3714	29097
	E	250	14453	4356	19059
	L	2930	3078	29955	35963
	Total	28314	17780	38025	84119

Table 3. Accuracy Measures for JPred (CB513)

	P	R	SOV
H	88.04	77.25	79.04
E	79.87	67.33	72.84
L	71.87	84.98	70.10
Total	78.31	<b>78.31 (Q3)</b>	<b>73.79 (SOV)</b>

Table 4. Accuracy Measures for Porter (CB513)

	P	R	SOV
H	88.77	86.38	86.47
E	81.29	75.83	78.99
L	78.78	83.29	74.44
Total	<b>82.67</b>	<b>82.67</b>	<b>79.50</b>

Table 5. Confusion Matrix for JPred (EVASet)

		Predicted			
		H	E	L	Total
Actual	H	165157	3247	44965	213369
	E	3449	85309	37000	125758
	L	20035	20435	204998	245468
	Total	188641	108991	286963	584595

Table 6. Confusion Matrix for Porter (EVASet)

		Predicted			
		H	E	L	Total
Actual	H	185258	2226	25885	213369
	E	1815	96947	26996	125758
	L	22912	22915	199641	245468
	Total	209985	122088	252522	584595

Table 7. Accuracy Measures for JPred (EVASet)

	P	R	SOV
H	87.55	77.40	78.93
E	78.27	67.84	72.76
L	71.44	83.51	68.98
Total	77.91	<b>77.91 (Q3)</b>	<b>73.39 (SOV)</b>

Table 8. Accuracy Measures for Porter (EVASet)

	P	R	SOV
H	88.22	86.83	86.38
E	79.41	77.09	79.26
L	79.06	81.33	72.68
Total	82.42	<b>82.42 (Q3)</b>	<b>78.91 (SOV)</b>

## 4. Conclusion and Recommendations

Within the scope of the study, the secondary structures of the proteins in the CB513 and EVASet benchmark datasets were estimated by JPred and Porter methods. The pre-processed data were pre-processed to make them suitable for the methods used, and then the results were obtained from both approaches. The outputs of these methods, which give output in different formats, have been post-processed, and a standard format has been received. Finally, the prediction successes were determined.

The results show that smaller datasets with less computational cost can be sufficient for performance evaluation, particularly for JPred and Porter. However, we can say that the characteristics of the dataset and the method are also crucial points. This study aims to give a different perspective on benchmark datasets for protein structure prediction studies.

## 5. Acknowledge

This study was supported as Project Number: FHD-2021-1045 by Kayseri University Scientific Research Projects Unit. We thank Kayseri University Scientific Research Projects unit for their contributions.



## References

- Asai, K., Hayamizu, S., & Handa, K. I. (1993). Prediction of protein secondary structure by the hidden Markov model. *Bioinformatics*, 9(2), 141-146.
- Atasever, S., Azginoglu, N., Erbay, H., & Aydın, Z. (2021). 3-State Protein Secondary Structure Prediction based on SCOPe Classes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64.
- Aydın, Z., Azginoglu, N., Bilgin, H. I., & Celik, M. (2019). Developing structural profile matrices for protein secondary structure and solvent accessibility prediction. *Bioinformatics*, 35(20), 4004-4010.
- Azginoglu, N., Aydın, Z., & Celik, M. (2020). Structural profile matrices for predicting structural properties of proteins. *Journal of Bioinformatics and Computational Biology*, 18(04), 2050022.
- Bouziane, H., Messabih, B., & Chouarfia, A. (2015). Effect of simple ensemble methods on protein secondary structure prediction. *Soft Computing*, 19(6), 1663-1678.
- Bujnicki, J. M., Elofsson, A., Fischer, D., & Rychlewski, L. (2001). LiveBench-1: Continuous benchmarking of protein structure prediction servers. *Protein Science*, 10(2), 352-361.
- Cuff, J. A., & Barton, G. J. (1999). Evaluation and improvement of multiple sequence methods for protein secondary structure prediction. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 34(4), 508-519.
- Drozdetskiy, A., Cole, C., Procter, J., & Barton, G. J. (2015). JPred4: a protein secondary structure prediction server. *Nucleic acids research*, 43(W1), W389-W394.
- Jones, D. T. (1999). Protein secondary structure prediction based on position-specific scoring matrices. *Journal of molecular biology*, 292(2), 195-202.
- Holley, L. H., & Karplus, M. (1989). Protein secondary structure prediction with a neural network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86(1), 152-156.
- Koh, I. Y., Eyrich, V. A., Marti-Renom, M. A., Przybylski, D., Madhusudhan, M. S., Eswar, N., ... & Rost, B. (2003). EVA: evaluation of protein structure prediction servers. *Nucleic Acids Research*, 31(13), 3311-3315.
- Krishnan, K. V. (1932). The Defence Mechanism of the Human Body. *The Indian medical gazette*, 67(11), 637.
- KU, L. L. (1952). Lane medical lectures: proteins and enzymes.
- Mirabello, C., & Pollastri, G. (2013). Porter, PaleAle 4.0: high-accuracy prediction of protein secondary structure and relative solvent accessibility. *Bioinformatics*, 29(16), 2056-2058.
- Le, Q., Sievers, F., & Higgins, D. G. (2017). Protein multiple sequence alignment benchmarking through secondary structure prediction. *Bioinformatics*, 33(9), 1331-1337.
- Pearson, W. R., & Lipman, D. J. (1988). Improved tools for biological sequence comparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(8), 2444-2448.
- Pirovano, W., & Heringa, J. (2010). Protein secondary structure prediction. *Data Mining Techniques for the Life Sciences*, 327-348.
- Rost, B., & Eyrich, V. A. (2001). EVA: large-scale analysis of secondary structure prediction. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 45(S5), 192-199.
- Silverman, R. B., & Holladay, M. W. (2014). *The organic chemistry of drug design and drug action*. Academic press.
- Spencer, M., Eickholt, J., & Cheng, J. (2014). A deep learning network approach to ab initio protein secondary structure prediction. *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*, 12(1), 103-112.
- Van Goudoever, J. B., Vlaardingerbroek, H., van den Akker, C. H., de Groof, F., & van der Schoor, S. R. (2014). Amino acids and proteins. *Nutritional Care of Preterm Infants*, 110, 49-63.
- Zemla, A., Venclovas, Č., Fidelis, K., & Rost, B. (1999). A modified definition of Sov, a segment-based measure for protein secondary structure prediction assessment. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 34(2), 220-223.



# Kötücül URL Filtreleme için Derin Öğrenme Modeli Tasarımı

Recep Sinan Arslan<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3028-0416)  
sinanarslanemail@gmail.com

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1011961)

**ATIF/REFERENCE:** Arslan, R.S. (2021). Kötücül URL Filtreleme için Derin Öğrenme Modeli Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 122-128.

## Öz

Web saldırılarında yeni tekniklerin kullanımı ile birlikte birçok web uygulaması çeşitli güvenlik tehditlerine ve ağ saldırılarına maruz kalmaktadır. URL adresleri de bu güvenlik mimarisinin odak noktasını oluşturmaktadır. Birçok web uygulamasına URL adresleri üzerinden erişim sağlanmaktadır. Bu durum siber korsanların, URL adreslerini suç işlemek için kullanabilecekleri bir araç haline getirmektedir. Son kullanıcıları korumak amacıyla bu adreslerin tespit edilerek nasıl filtreleneceği çözülmesi gereken bir problemdir. Bu çalışmada kötü amaçlı URL adreslerinin tespiti için derin öğrenme ağı(DNN) tasarlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında URL adresleri metin tabanlı analiz yapılarak işlenmiştir. Sonrasında 1 giriş, 3 gizli ve 1 çıkış katmanından oluşan DNN modeli sınıflandırma için eğitilmiştir. Model ISCX-URL2016 veriseti ile test edilmiş olup deneysel sonuçlar önerilen yapının yüksek hassasiyetli sınıflandırma için uygun olduğunu göstermiştir. Verisetinde iyicil 7781, tahrif edilmiş 7930, kimlik avı 7586, kötü amaçlı yazılım dağıtan 6712 ve spam türünde 6698 örnek bulunmaktadır. Her bir örnek için 79 özellik bulunmaktadır. Deneysel sonuçta 5 sınıftan oluşan problem için %95,4 doğruluk, %95,5 kesinlik, %95,4 duyarlılık ve f skoru değerine ulaşılmıştır. Bu çalışmanın birinci aşamasında Doc2Vec ağı kullanılarak özellikler çıkarılmıştır. Doc2Vec kullanılarak yapılan sınıflandırmada çok sınıflı problem için alınan %88.1 doğruluk değeri, bu çalışmada %95,4'e yükseltilmiştir. Metin tabanlı analizin vektör tabanlı analize göre çoklu sınıflandırma için daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Sonuçta, web sitelerini ziyaret edenlerin niyetlerini belirlemek için URL adreslerini kullanmak etkin bir yöntemdir. Derin öğrenme modellerinin kullanılması web araştırmaları için önemli teorik ve bilimsel değere sahiptir ve güvenlik internet ortamı için farklı imkânlar sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kötücül URL Filtreleme, Ağ Güvenliği, Derin Öğrenme, Web Atakları

## A Deep Learning Model for Malicious Url Filtering

### Abstract

Many web applications are exposed to various security threats and network attacks with the use of new techniques in web attacks. Url addresses are also the focus of this security architecture. Many web applications are accesses via Url addresses. This makes it a tool that hackers can use to commit crimes. In order to protect the end users, how to detect and filter these addresses is a problem that needs to be solved. In this study, a deep neural network (DNN) is designed for the detection of malicious Urls. In the first stage of the study, Url addresses were processed by making text-based analysis. Afterwards, the DNN model consisting of 1 input, 3 hidden and 1 output layers is trained for classification. The model was tested with the ISCX-URL2016 dataset and the experimental results showed that the proposed structure is suitable for high precision classification. The dataset includes 7781 benign, 7930 defacement, 7586 phishing, 6712 malware and 6698 spam urls. There are 79 features for each sample. As a result of the experiments, 95.4% accuracy, 95.5% precision, 95.4% sensitivity and f-score values were achieved for the problem consisting of 5 classes. In the first stage of this study, features were extracted using the Doc2vec network. In the classification made using Doc2vec, the accuracy value of 88.1% for the multi-class problem was increased to 95.4% in this study. It has been shown that text-based analysis is more successful for multiclass classification than vector-based analysis. After all, using Url addresses is an effective method to determine the intentions of website visitors. The use of deep learning models has important theoretical and scientific value for web research and provides different possibilities for the security internet environment.

**Keywords:** Malicious Url filtering, network security, deep learning, web attacks

\* Sorumlu Yazar: [sinanarslanemail@gmail.com](mailto:sinanarslanemail@gmail.com)

## 1. Giriş

İnternet teknolojilerinin gelişmesi ve kullanımının yaygınlaşması ile birlikte siber saldırganlar giderek daha önemli bir güvenlik sorunu haline gelmişlerdir. Kimlik avı, truva atları gibi birçok kötücül yazılım türü saldırı amacı ile internet adreslerini yani URL adreslerini bir araç olarak kullanmaktadırlar. URL adreslerinin üretimi ile ilgili algoritmaların belirli seviyelere ulaşması nedeniyle hergün yeni ve çok sayıda kötücül URL adresi ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle çeşitli ağ saldırılarını önlemek ve ağ güvenliğini sağlamak için bu web linklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir (He ve ark., 2021). Kaspersky güvenlik istatistiklerine göre tespit edilen tehditlerin %85.40'ı kötücül URL adresleridir (Malware variety grows, 2019).

Siber korsanlar genellikle hedefledikleri web sayfasına benzer bir web sitesi oluştururlar veya tarayıcı tarafında bulunan güvenlik açıklarından yararlanabilecek kod parçacıklarını yerleştirirler. Hedefledikleri kullanıcıların bilgilerini elde etmek veya bilgisayarlarını kontrol etmek için bu sayfalara yönlendirmeye çalışırlar. Bu zamana kadar bu sitelerin tespit edilmesine yönelik olarak birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmaların birçoğu web sitesine ait özelliklere dayanmaktadır (Yuan ve ark., 2021). Web sitesine ait özellikler; URL-tabanlı özellikler, host tabanlı özellikler ve içerik tabanlı özellikler olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. URL tabanlı özellikler esas olarak host, yol ve parametrelerden çıkarılan özellikleri kullanır. Her bir bölümde, kullanılan kelimeler ile temsil edilen kaynak arasında mantıksal ilişkiyi arar. Devi(Devi ve ark., 2009)'nin araştırması göstermiştir ki, URL adresleri web siteleri hakkında zengin bilgiler taşır ve sınıflandırma için kullanılabilirler. Bunun yanında domain adresleri birden çok sözcük ve ayrıcılardan(nokta, /, ? ) oluşur ve bir ip adresini temsil eder. Normal bir domain adresi genellikle ait olduğu kuruluşu temsil eder. Palaniappan (Palaniappan ve ark., 2020) DNS üzerinden domain adreslerinin analizi ile kötücül web sitelerinin tespitini yapmıştır. Host tabanlı özellikler internet alan adları, ip adresleri, alan adı sahiplik bilgisi gibi özellikleri ifade eder. Kötü amaçlı web sitelerinin kullandığı alan adları sık sık değişebilir. McAfee kötü niyetli saldırıları tespit etmek için alan adı yaşına bakmaktadır(Ebeling, 2021). Genel olarak kötücül web sitelerinin alan adlarının hayatta kalma süreleri normal kuruluş alan adlarından daha kısadır. Stevanovic (Stevanovic ve ark., 2015) kötü amaçlı web sayfalarını tespit etmek için DNS trafiğini incelemektedir. Böylece host tabanlı olarak elde ettiği özellikleri sınıflandırma için kullanmıştır. İçerik tabanlı özellikler ise ilgili web sayfasının html, kod ve görsel elementlerinin incelenmesine dayalıdır. Html bir dizi etiket ve sayfanın kaynaklarını biçimlendirme için kullanılır. Hou ve ark. (Hou ve ark., 2010) daha iyi tespit yöntemi geliştirmek için form ve sözcüksel özellikleri kullanmışlardır. Web sayfası kod bölümünde Javascript daha özgün ve son kullanıcı ile etkileşimli bir sayfa oluşturmak için uygundur ancak saldırganlar tarafından saldırı için kullanılmaktadırlar. Huang ve ark. (Huang ve ark., 2021) JSCortana yönteminde uyarnabilir bağlam analizi ve verimli anahtar özellik çıkarımı yaklaşımı kullanmışlardır. Javascript kodunun ayrıntılı analizi yapılmakta ve web sayfalarının güvenliğine yönelik bir öneri ortaya koyulmuştur.

Son kullanıcılar, saldırganlar tarafından hazırlanan ve internet üzerinden yayınlanan kimlik avı web sitesi adreslerine tıkladıklarında saldırıya uğrarlar. Bu nedenle ilgili siteye yönlendirilmeden önce bunun kullanıcılara bildirilmesi

gereklidir. URL tabanlı yöntem, sayfa üzerinden herhangi bir analiz ve ayrıştırma işlemi yapılmadığından, diğer yöntemlerden daha hızlıdır. Makine öğrenimi algoritmalarına dayalı URL sınıflandırmasına yönelik çalışmalarda özelliklerin çıkarılması ve seçimi karmaşık bir süreci ifade eder. Sonuçta ortaya çıkan özellik vektörleri metne bağlı bilgileri ve host bilgilerini içerir. Metin özellikleri aslında URL'e ait bir takım bilgiler içerse de çoğu sınıflandırma için ayırt edici bilgiler değildir. URL sınıflandırma için sinir ağı modelinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmakta olup genel olarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmanın birinci aşaması olarak yapılan çalışmamızda(Arslan, 2021) ISCXURL2016 veri setinde bulunan URL adreslerinden Doc2Vec derin öğrenme ağı ile özellikler çıkarıldı ve hem ikili hem de çoklu sınıflandırma için modeller önerilmiştir. Buna göre ikili sınıflandırma yüksek başarı düzeyi yakalanırken kötücül URL tiplerini de alt sınıflara ayıracak şekilde çok sınıflı problem için %88.1 gibi düşük değer elde edilmişti. Bu çalışmada ise çoklu sınıflandırma ortaya çıkan bu durumu çözümlenmek üzere URL adreslerinin lexical özelliklerinden(sunucu adı, URL uzunluğu, URL adresinde bulunan bölümler vb.) üretilen 27 farklı değer kullanıldığı bir özellik vektörü ile çalışılmıştır. Böylece çoklu sınıflandırma da yüksek başarı düzeyinin yakalanması amaçlanmıştır. Sonuçta Doc2vec ile elde edilen özellikler ikili sınıflandırmada daha başarılı iken, çoklu sınıflandırma URL adresine ait metinsel özellikler ile daha başarılı değerler elde edilmiştir.

Bu çalışmada URL adreslerinin sınıflandırması probleminin çözümüne aşağıdaki katkılar verilmiştir:

- URL adres bilgilerinden elde edilmiş olan özelliklerin kullanıldığı ve gerekli optimizasyon işlemlerinin yapıldığı bir derin sinir ağı tasarlanmıştır.
- Belirli parametrelerin sabit tutularak tekrarlanan deneyler vasıtasıyla modelin kullanılabilirliği ve başarı performansı doğrulanmıştır.
- Metinsel analiz ile elde edilen özelliklerin vektörel özelliklere göre sınıflandırma da daha anlamlı olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmanın 2. bölümünde kötü amaçlı web sayfalarının tespitine yönelik olarak yapılan önceki çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. 3. bölümde, bu çalışmada kullanılan materyaller ve özellik çıkarma ve sınıflandırma metodlarından bahsedilmiştir. 4. bölümde önerilen derin sinir ağının test ortamı, elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın genel bir özeti yapılarak gelecekte yapılacak çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

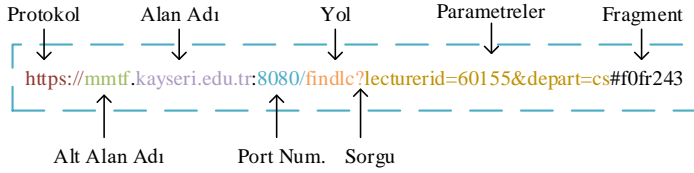
## 2. Benzer Çalışmalar

Bu bölümde kötü amaçlı web sayfalarının tespitine yönelik olarak çalışmalardan bazılarının kısa özeti verilmiştir. Benzer çalışmalara bakmadan önce URL adreslerinin terminolojisini anlamak önemlidir. Bu sebeple 2.1. bölümünde kısaca URL yapısı anlatılmaktadır. 2.2. bölümünde ise bu çalışmada da kullanılan makine öğrenmesi temelli yaklaşımların kullanıldığı örnek çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

### 2.1. Url Adreslerinin Yapısı

Web adresleri herhangi bir sunucu üzerinde barınmakta olan web sayfalarını tanımlamak için kullanılırlar(Gupta ve ark., 2021). Şekil-1'de örnek bir web adres yapısı gösterilmiştir. Protokol, alt alan adı, alan adı, port numarası, yol, parametreler

ve fragment olmak üzere 7 bölümden oluşmaktadır. Protokol, web tarayıcısının ilgili web sayfasının bulunduğu sunucu ile nasıl iletişim kurması gerektiğini tanımlar. Https, ftp, tcp, udp, ssh en bilinen protokollerden bazılarıdır. Alan adı, bir web sayfasının internet ortamındaki benzersiz tanımı yapar. Yol, bir web sunucusunda ulaşılmak istenen dosyanın veya klasörün bulunduğu konumu (Ör: c:/files/lecturepage.html) göstermektedir. Alt alan adı, bir üst düzey alan adının alt bölümlerinin(Ör. mmtf.kayseri.edu.tr) adıdır. Sorgu bölümü genellikle dinamik çalışan web sayfalarında bulunur. Bir kullanıcı bir sunucuda herhangi bir sayfayı istekte bulunduğu bir sorgu dizesi alınır ve sunucuda araştırılır. İlgili sayfa bulunur ise kullanıcıya bu sayfa cevap olarak gönderilir.



Şekil 1 Web Adres Yapısı (Gupta ve ark., 2021)

## 2.2. Kötüçül Web Sayfalarının Tespitine Yönelik Olarak Yapılan Güncel Çalışmalar

Son zamanlarda birçok çalışmada kötüçül web sitelerinin tespitinde geniş ölçekli veri tabanları ve makine öğrenimi yaklaşımları önerilmiştir. URL, sayfa içeriği, DNS bilgileri gibi çeşitli özellikler çıkarılmakta ve bu özellikleri içeren özellik vektörleri üretilmektedir. Sonrasında makine öğrenmesi algoritmalarının eğitim ve test aşamalarında kullanılmaktadır. Sonuçlar seçilen özellik kümesi ve makine öğrenmesi algoritmasına göre değişkenlik göstermektedir.

Li ve ark. (Li ve ark., 2019) , URL ve html özelliklerini kullanarak kimlik avına yönelik web sitelerinin sınıflandırılması için gradyan artırma, karar ağacı, XGBoost ve LightGBM algoritmalarının hibrit olarak kullanıldığı bir model önermişlerdir. Bir tür yığınlama modelidir. Modeli 50 binden fazla web sayfası içeren bir veriseti ile test ederek değerlendirmişlerdir. Modelin %97,30 doğrulukla sınıflandırma yaptığı, %1,16 yanlış pozitif değerinin elde edildiği iddia edilmektedir.

Benzer şekilde URL adresleri ve web içeriği arasındaki kavram bağlantıyı ve tutarlılığı doğrularak saldırılara karşı koyabilecek model Nureni ve ark. (Nureni ve ark., 2017) tarafından önerilmiştir. PhishDetect isimli yöntem uygulanarak %99,1 doğruluk elde edilirken, naive Bayes algoritması sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır.

Şahingöz ve ark. (Şahingöz ve ark., 2019) URL dilinden ve üçüncü taraf bilgilerinden bağımsız olarak çalışan bir model önermişlerdir. Gerçek zamanlı olarak kimlik avı sitelerini tespit edebilmektedirler. Kelime sayısı, marka adı sayısı gibi doğal dil işlemi ile elde edilen toplam 27 özellik sınıflandırma için kullanılmıştır. Rassal orman algoritması ile %97,98 doğruluk elde edildiği iddia edilmiştir.

Evrişimli sinir ağlarının kullanıldığı bir diğer çalışmada ise kötüçül URL adreslerinin %100 seviyesinde bir doğrulukla tanınmanın mümkün olduğu iddia edilmektedir (Wei ve ark., 2020). Sadece URL metni analiz edilmektedir. Bu sebeple oldukça hızlı bir tespit mekanizması sunar ve sıfırıncı gün saldırıları içinde etkin bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Vinayakumar ve ark. (Vinayakumar ve ark., 2018) tekrarlayan

sinir ağı, uzun kısa süreli bellek, evrişimli sinir ağı ve uzun kısa süre bellek yapısında evrişimli sinir ağı(hibrit) gibi derin öğrenme mimarilerini kötüçül Url tespitinde kullanmıştır. Karakter düzeyinde özellik çıkararak modelleme yapmıştır. Tüm modelleri karşılaştırmalı olarak göstermiştir. Sonuçta LSTM tabanlı modellerin daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Sonuçta kötüçül web sitelerinin tespit edilmesine yönelik olarak yapılan çalışmalarda derin öğrenme modelleri genellikle geleneksel modellerden daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu sebeple bu çalışmada önerilen model için derin öğrenme yapısında bir tasarım yapılmıştır ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar elde edilirken herhangi bir görsel semantik veri, içerik analizi yapılmamıştır. Böylece daha az zaman harcayarak yüksek performans elde edilmiştir.

## 3. Materyal ve Metodlar

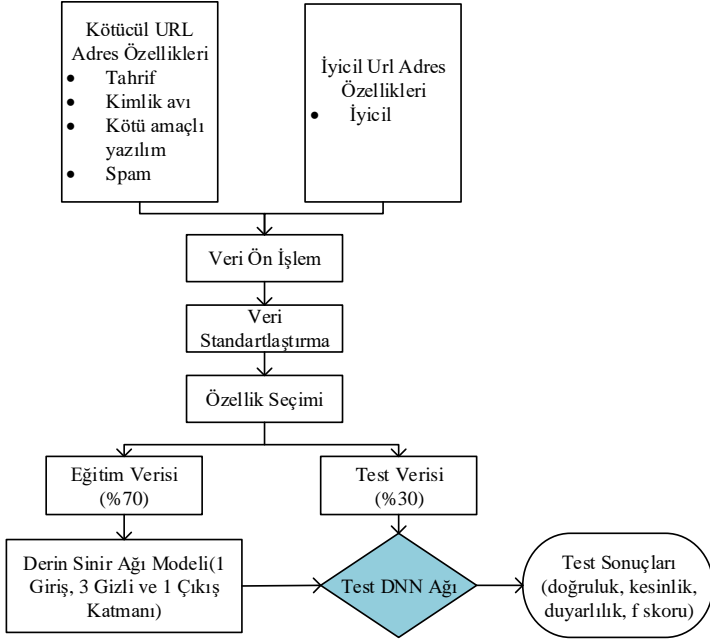
### 3.1. Önerilen Metot

URL filtreleme modelinin akış diyagramı şekil-2'de gösterildiği gibidir. Modelin ilk aşamasında kötüçül ve iyicil URL adreslerinin toplanması ve sınıflarının belirlenmesi gereklidir. Bu aşamada ISCX veriseti kullanılmıştır. Bu verisetinde 4 kötüçül ve 1 iyicil sınıfta web adresleri bulunmaktadır. Veriseti incelendiğinde url adreslerine ait özelliklere ait değerlerde inf, nan gibi işlemesi mümkün olmayan değerlerin bulunduğu görülmüştür. Ayrıca bir takım verilerde de eksik değerlerin olduğu tespit edilmiştir. Özelliklere ait eksik ve işlenemeyen değerler öğrenme aşamasında problem oluşturmaktadır. Bunu aşmak için ilk aşamada bu değerler tespit edilmiş ve verisetinden elenmiştir. Bunun yanında standart programlama dillerinde bulunan veri tipleri ile tutulamayacak kadar büyük değerlere rastlanılmıştır. Bu değerler ile çalışmak için string yapısı kullanılması gerekmektedir. Bunu aşmak için değerlerde standardizasyon işlemi yapılmıştır. Böylece öğrenme aşamasında işlenebilir bir veri kümesinin oluşturulması sağlanmıştır.

Veri standartlaştırma sonrasında verisetinde bulunan ve her bir Url için çıkarılmış olan 79 adet özellik incelenmiş olup bu özellikler üzerinde özellik seçim işlemleri yapılmıştır. Böylece model üzerinde etkisiz ve bozucu etkisi olacak özelliklerin elenmesi, hızlı bir eğitim ile daha yüksek başarı düzeyi yakalanması amaçlanmıştır.

Özellik seçimi sonrasında eğitim ve test aşamasında kullanmak üzere veriler her bir sınıf için ayrı ayrı olacak şekilde %70-%30 oranında ayrılmış ve iki ayrı özellik vektör yapısı oluşturulmuştur. Eğitim kümesi ile derin sinir ağının eğitimi gerçekleştirildikten sonra test verisi ile bu ağın sınıflandırma performansı ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları farklı metriklerle göre değerlendirilmiştir. Ayrıca çok sınıflı bu problem için hangi sınıflarda sorun yaşandığını anlamak için testlerde karmaşıklık matrisleri de üretilmiş ve karşılaştırması yapılmıştır.

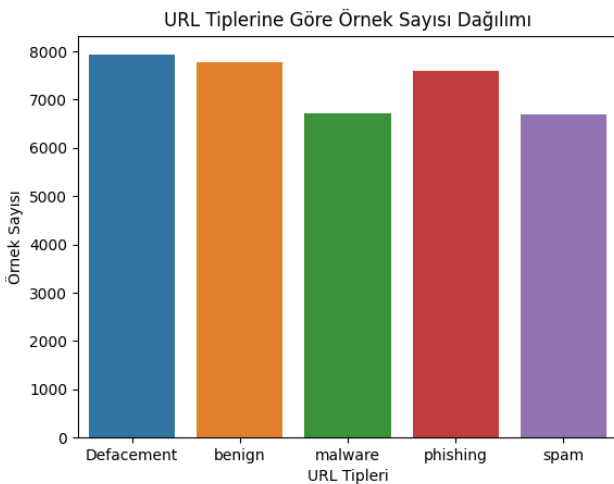




Şekil 2 Önerilen Modelin Akış Diyagramı

### 3.2. Veriseti Detayları

Bu çalışmada önerilen modelin test edilmesi ve değerlendirilmesi için Canada Brunswick üniversitesi tarafından dağıtımı yapılan ISCXURL-2016 veriseti (Mamun ve ark., 2016; ISCX-URL Dataset, 2016) kullanılmıştır. Verisetinin örnek dağılımı Şekil-2'de gösterilmiştir. Tahrif saldırısı kategorisinde 7930, iyicil türünde 7781, kimlik avı saldırısı türünde 7586, kötü amaçlı yazılım saldırısı türünde 6712 ve spam türünde 6698 örnek bulunmaktadır. Kümeler arasında örnek sayılarında kısmen dengesizlik olmak ile birlikte sınıflandırma sonuçlarına etki edecek düzeyde değildir. Bu sebeple sonuçlarda objektifliği sağlamak adına veri ile ilgili olarak herhangi bir veri artırma (data augmentation) algoritması uygulanmamıştır



Şekil 3 ISCX URL 2016 Veriseti Örnek Dağılımı

Tahrif(defacement) saldırısı, kötü niyetli saldırganların bir web sitesine girip sitedeki içeriği kendi mesajları ile değiştirdiği atağı ifade etmektedir. Mesajlar web sitesi sahiplerini utandıracak siyasi ve dini mesajlar, küfür veya uygunsuz içerikler olabilmektedir. Web sitesinin görünen içeriğini etkileyen, şablon yada sayfa içeriğinin bulunduğu dosyalarda

meydana gelen beklenmeyen değişiklikler tahrif saldırısına işaret etmektedir (Mao ve ark., 2019).

Kimlik avı saldırısı(phishing) yapan Url türü, hassas kişisel bilgilere erişmek için kimlik avı gerçekleştirir. Kullanıcıların oturum açma kimlik bilgileri, hesap numaraları, pin numaraları, kredi kartı bilgileri gibi çeşitli sosyal mühendislik teknikleri ile elde etmeyi amaçlayan web içeriğe sahiptir. Bir Url adresine tıklanması, bir epostanın açılması ile ortaya çıkabilmektedir (Chiramdasu ve ark., 2021).

Kötü amaçlı yazılım saldırısı(malware attack) son derece kötü amaçlı dosyalar yada programlardır. Bilgisayar virüsü, truva atları, fidye yazılımları, casus yazılımlar bu gruba girmektedir. Hedef sisteme yetkisiz erişim, ele geçirme, kullanıcı etkinliklerini izleme gibi kötüçül faaliyetleri gerçekleştirirler (Chiramdasu ve ark., 2021).

Spam türü ise kullanıcılara çok sayıda mesaj göndermek için bir uygulamanın yetkisiz olarak kullanılmasıdır. Bu mesajlar sahte veya saldırıya uğramış profiller tarafından gönderilmektedir. Genellikle gerçek kullanıcıların gerçek dışı reklamları ve bağlantıları tıklanması istenilmektedir. Verisetinde farklı türlerde kötüçül Url adresleri bulunması önerilen modelin testlerinde objektifliği yakalamak için önemlidir. Ancak her bir kötüçül yazılım türünde alınacak önemler birbirinden farklı olacağı için kötüçül yazılım türlerinin belirlenmesi faydalı olmaktadır (Manyumwa ve ark., 2020).

Verisetinde bulunan her bir Url adresi için 79 farklı özellik çıkarılmıştır. Bu özelliklerde bazıları; sorgu uzunluğu, dosya uzantısı, url karakter sayısı, domain karakter sayısı, yol karakter sayısı gibidir. Özelliklere ilişkin detaylar Mamun ve ark. tarafından yapılan çalışmada gösterilmiştir(Mamun ve ark., 2016). Bu çalışmada her bir Url adresine ait 79 özellik içerisinden özellik seçim metodları kullanarak sadece anlamlı özellik seçilmiş olup derin sinir ağı eğitiminde kullanılmıştır

### 3.3. Değerlendirme Metrikleri

Bu çalışmada 4 tür kötüçül ve 1 tür iyicil URL adreslerinin sınıflandırması yapılmıştır. En iyi performans gösteren modeli doğrulamak için karışıklık matrisini; modelin performansını değerlendirmek için kesinlik, duyarlılık, doğruluk ve f skoru metrikleri kullanılmıştır.

- Karmaşıklık matrisi: Bir sınıflandırıcının doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Tahmin edilen ve gerçek sınıflandırma değerlerini içerir.

$$\text{Karmaşıklık matrisi} = \begin{bmatrix} \text{TN} & \text{FP} \\ \text{FN} & \text{TP} \end{bmatrix} \quad (1)$$

TP, doğru olarak tahmin edilen kötüçül URL sayısını; TN, doğru olarak tahmin edilen iyicil URL sayısını; FP yanlış olarak tahmin edilen kötüçül URL sayısını ve FN, yanlış olarak tahmin edilen iyicil URL sayısını göstermektedir.

- Doğruluk: doğru olarak tahmin edilen kötüçül URL sayısının, toplam örnek sayısını oranıdır. Hesaplama formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik-2):

$$\text{Doğruluk} = \frac{(\text{TP} + \text{TN})}{(\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN})} \quad (2)$$

- Kesinlik: doğru olarak tahmin edilen kötüçül URL sayısının, tüm kötüçül URL sayısına oranını ifade eder. Hesaplama formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik-3):

$$\text{Kesinlik} = \frac{(\text{TP})}{(\text{TP} + \text{FP})} \quad (3)$$

- Duyarlılık: doğru olarak tahmin edilen kötücül URL sayısının, yanlış olarak tahmin edilen iyicil URL sayısına oranıdır. Hesaplama formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik-4):

$$\text{Duyarlılık} = \frac{(\text{TP})}{(\text{TP} + \text{FN})} \quad (4)$$

- F Skoru: Kesinlik ve recall değerlerini birlikte değerlendirmek için kullanılan değerdir. İki değer harmonik ortalamasıdır. Hesaplama formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik-5):

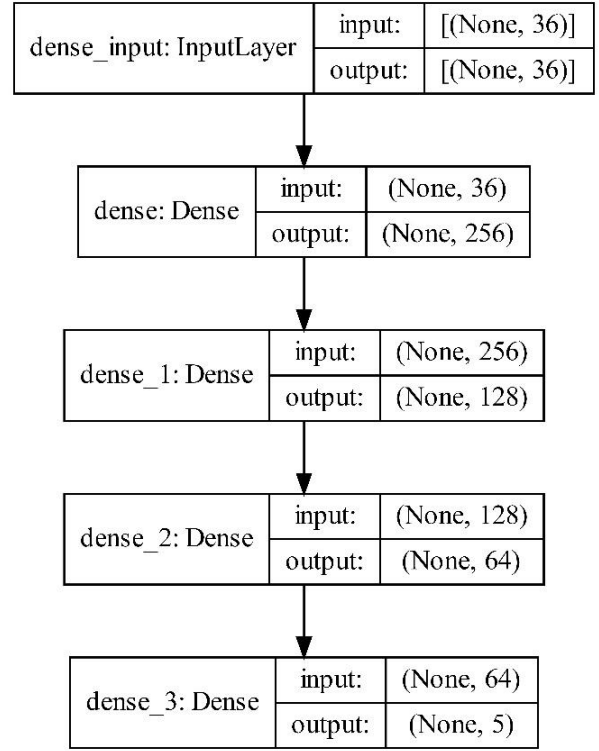
$$\text{F skoru} = \frac{(2 \times \text{Kesinlik} \times \text{Duyarlılık})}{(\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık})} \quad (5)$$

Yüksek doğruluk değeri modelin genel olarak tüm URL tipleri için başarılı bir sınıflandırma yeteneğine sahip olduğunu gösterir. Yüksek duyarlılık değeri yüksek olursa, ilgili tür için o kadar başarılı tanıma yaptığını ifade eder. Kesinlik değeri yüksek olursa, ilgili tür için o kadar yüksek doğruluk değerinin elde edildiğini garanti eder. F skoru değeri yüksek olursa da sistemini tüm türler için sınıflandırma sonuçlarındaki kararlılığının o kadar yüksek olduğunu gösterir.

### 3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

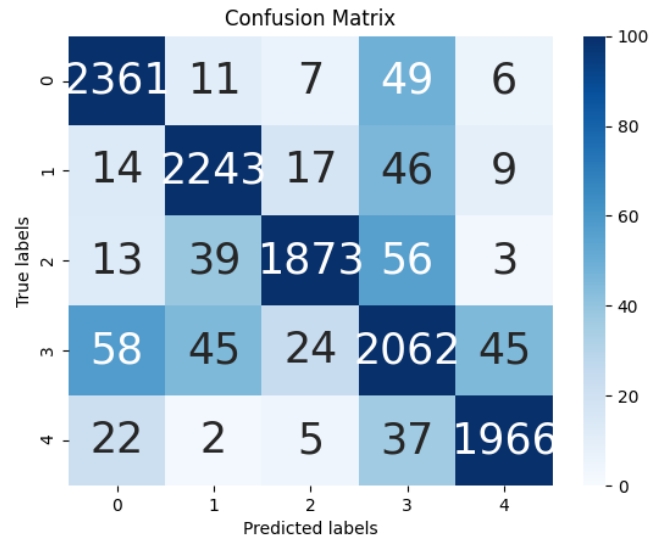
Bu çalışmada önerilen model testlerinde Tensorflow'u Keras kütüphanesi ile birlikte kullanılmıştır. Derin öğrenme mimarisinin GD (Gradient Descent) hızının hesaplama hızını artırmak için GPU tabanlı bir ekran kartı kullanıldı. Deneylerdeki parametrelerin sürekli olarak ayarlanması ve optimize edilmesi için etkin bir model tasarımı yapıldı. Şekil-4'te gösterildiği gibi giriş katmanında 36 özelliğin girdi olarak kullanılmıştır. 3 gizli katmanda sırasıyla 256, 128 ve 64 düğüm bulunmakta olup çıkış katmanında 1 iyicil ve 4 kötücül olmak üzere 5 sınıf bulunmaktadır. Optimizasyon algoritması olarak adam algoritması kullanılmıştır. Gizli katmanlar arasında herhangi bir seyreltme işlemi yapılmamıştır. Önerilen yaklaşımın uygulanmasında Python dili kullanılmıştır. Scikit-learn, Scipy, Pandas, Matplotlib kütüphanelerinden yararlanılmıştır.

Bu çalışmada önerilen derin sinir ağı modeli 5 sınıftan oluşan Url filtreleme probleminde ortalama olarak %95,4 doğruluk ile sınıflandırma yapabilmektedir. Birinci çalışmamıza göre ortalama olarak %7,3'lük bir gelişme sağladık. Modelin derin katman sayısı artırıldığında eğitim süresi uzamakta ancak sınıflandırma sonucunda herhangi bir değişiklik olmamıştır. En optimum modele ulaşabilmek için farklı katman sayısı ve katmanlardaki farklı düğüm sayıları ile testler gerçekleştirilmiştir. Sonuçta Şekil-4'te verilen model ile en iyi değerler elde edilmiştir



Şekil 4 Önerilen Model Derin Sinir Ağı Model Yapısı

Modelin sınıf bazında sonuçlarını gözlemleyebilmek için karmaşıklık matrisi Şekil-5'te gösterilmiştir. Görüleceği üzere doğru tahmin edilen örnekler çoğunlukla köşegen üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu da %95,4 doğruluk değerini kanıtlamaktadır. Diğer taraftan sınıflar arasında örnek sayısında dengesizlik olmasına rağmen tüm sınıflarda başarı yakalanmıştır. Bu da modelin Url tiplerinden bağımsız olarak kötücül türleri kendi arasında sınıflandırabildiğini göstermektedir. Ayrıca modelin kimlik avı sınıfını, diğer sınıflar ile karıştırma konusunda eğilimi vardır. Verisinde bulunan örnek sayısının artırılması halinde model öğrenme düzeyinin artacağı ve sınıflar arası ayrımın daha net şekilde yapılacağı düşünülmektedir.



Şekil 5 Url Sınıflandırma Modeli Karmaşıklık Matrisi

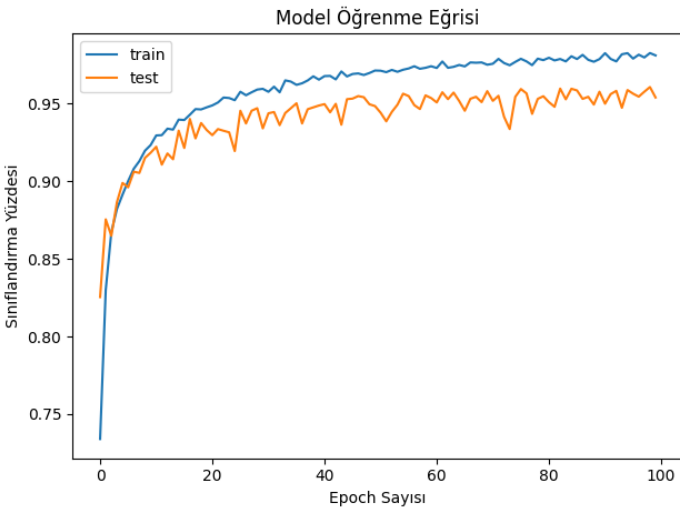
Tablo-6'da gösterilen performance matrisine bakıldığında 5 farklı Url tipinin kesinlik değeri %92 ile %97 arasında değişen düzeylerde olmuştur. Benzer şekilde duyarlılık değeri de %92 ile %97 arasında sınıflara göre değişkenlik göstermektedir. F skoru

değeri ise kötü amaçlı yazılım türü haricinde %97 olmuştur. Sonuçta makro ortalama değeri %95,4 düzeyinde olmuştur. Bu noktada kötü amaçlı yazılım türü(malware) sınıfında başarı düzeyi diğer sınıflara göre düşük kalmıştır. Bu da genel performansı olumsuz etkilemektedir. Bunun sebebinin ilgili sınıfta örnek sayısının az olması olduğu düşünülmektedir. Bu konuda daha detaylı çalışma yapılacak olup modelin genel performansını etkileyen hususlar ayrıca değerlendirilecektir.

Tablo 1 URL Filtreleme Modeli Performans Matrisi

	Keskinlik	Duyarlılık	F skoru	Destek
Tahrif saldırısı	0,96	0,97	0,96	2434
İyicil	0,96	0,96	0,96	2329
Kimlik avı	0,97	0,94	0,96	2234
Kötü amaçlı yazılımlar	0,92	0,92	0,92	1984
Spam	0,97	0,97	0,97	2032
Doğruluk			0,95	11013
Makro ortalama	0,95	0,95	0,95	11013
Ağırlıklandırılmış ortalama	0,95	0,95	0,95	11013

Son olarak bu çalışmada önerilen derin sinir ağı modelinin öğrenme eğrisi de Şekil-7'de gösterilmiştir. Buna göre model 100 Epoch'tan itibaren öğrenme sürecinin tamamlanmaktadır. Eğitim ve test modelleri paralel bir şekilde ilerlemekte olup modelin kararlılığına doğrulamaktadır.



Şekil 6 Model Öğrenme Eğrisi

## 4. Sonuçlar

Bu çalışma kötü amaçlı URL adreslerinin tespitine yönelik olarak çoklu sınıflandırma yapan bir derin sinir ağı modelini tanıtmaktadır. Öncelikle mevcut yaklaşımlara ilişkin bilgiler

verilmiştir. Sonrasında Url filtreleme problem genel hatları ile tanımlanmıştır. ISCX URL 2016 verisinin kullanıldığı bu devam çalışmasında birinci çalışmamızda çoklu sınıflandırma için çözüm bulamadığımız duruma metin tabanlı analiz yaparak çözüm bulmaya çalıştık. Yaklaşımımızda URL adresine ait 36 metinsel özellik kullanıldı ve sonuçta ortalama olarak %95,4 sınıflandırma başarısı yakalandı. Önerilmiş olan DNN modeli bu konudaki bir önceki çalışmamızla birlikte farklı metriklerle değerlendirildi ve sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterildi.

Gelecekte yaklaşım, standart DNN modeli yerine daha fazla geri besleme imkânı tanıyan LSTM yapıları ile değerlendireceğiz. Ayrıca yüksek başarı düzeyini korurken, bellek ve işlem zamanında gerekli azalmayı sağlamak için optimizasyon araştırması yapacağız.

## Kaynakça

- Arslan, R.S. (2021). Kötücül web sayfalarının tespitinde Doc2Vec modeli ve makine öğrenmesi yaklaşımı. European Journal of Science and Technology (Accepted).
- Chiramdasu, R., Srivastava, G, Bhattacharya, S., Reddy, P.K. & Gadekallu, T.R. (2021, Ağustos). Malicious URL Detection using Logistic Regression. International Conference on Omni-Layer Intelligent Systems (COINS)(pp. 467-482).
- Devi, M. I., Selvakuberan, K. & Rajaram, R. (2009). Fast web page classification without accessing the web page using machinelearning techiques. Journal of Information, Intelligence and Knowledge, 1(1), 1-10.
- Ebeling, J.(2021, 17 Şubat). Domain Age as an Internet Filter Criteria. Erişim adresi <https://www.mcafee.com/blogs/enterprise/cloud-security/domain-age-as-an-internet-filter-criteria/>
- Gupta, B.B., Yadav, K., Razzak, I., Konstantinos, P., Castiglione A. & Chang, X. (2021). A novel approach for phishing URLs detection using lexical based machine learning in a real-time environment. Computer Communications, 175, 47-57.
- He, S., Li, B., Peng, H., Xin, J. & Zhang, E. (2021). An effective cost-sensitive Xgboot method for malicious URLs detection in imbalanced dataset. IEEE Access, 9, 1-8.
- Hou, Y., Chang, Y., Chen, T. & Lai, C. (2010). Malicious web content detection by machine learning. Expert systems with applications 37(1), 55-60.
- Huang, Y., Li, T., Zhang, L., Li, B. & Liu, X. (2020). JSContana: Malicious Javascript detection using adaptable context analysis and key feature extraction. Computer & Security, 104, 1-9.
- ISCX-URL2016 legitimate and phishing URL Dataset (2021, 1 Eylül). Erişim adresi <https://www.unb.ca/cic/datasets/url-2016.html>
- Li, Y., Yang, Z., Chen, X., Yuan, H. & Wenyin, L. (2019). A stacking model using URL and Html features for phishing web page detection. Future Generation Computer Systems, 94, 27-39.
- Malware variety grows by 13.7% in 2019 due to web skimmers. (2019, 10 Aralık). Erişim adresi [https://www.kaspersky.com/about/press-releases/2019\\_malware-variety-grows-by-137-in-2019-due-to-web-skimmers](https://www.kaspersky.com/about/press-releases/2019_malware-variety-grows-by-137-in-2019-due-to-web-skimmers)
- Mamun, M. S. I., Rathore, M. A., Nowak, J., Lashkari, A.H., Stakhanova, N. & Ghorbani, A.A. (2016, Eylül). Detecting Malicious URLs Using Lexical Analysis. International

- Conference on Network and System Security (pp. 467-482).
- Mao, B.M., & Bagolibe, K.D. (2019, Ekim). A Contribution to Detect and Prevent a Website Defacement. 2019 International Conference on Cyberworlds (CW) (pp. 1-4).
- Manyumwa, T., Chapita, P.F., Hanlu W. & Ji, S. (2020, Aralık). Towards Fighting Cybercrime: Malicious URL Attack Type Detection using Multiclass Classification. International Conference on Big Data (Big Data) (pp. 1813-1822).IEEE.
- Okunoye, O.B., Nureni, A.A. & Illurimi F.A (2017). A Web Enabled Anti-Phishing Solution using Enhance Heuristic Based Technique. Journal of Research in Sciences, 13(2), 304-321.
- Palaniappan, G., Sangeetha, S., Rajendran, B., Goyal, S.S. & Bindhumadhava, B. S. (2020, Aralık). Malicious domain detection using machine learning on domain name features, host-based features and web-based features. In 2019 3rd international conference on computing and network communications (CoCoNet'19) (654-661).
- Ravi, V., Soman, K.P. & Pornachandran, P. (2018). Evaluating deep learning approaches to characterize and classify malicious URL's. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 34, 1333-1343.
- Stevanoviz, M., Pedersen, J. M., D'Aconzo, A., Ruehrup, S. & Berger, A. (2015). On the ground truth problem of malicious DNS traffic analysis. Computer & Security, 55, 142-158.
- Şahingöz, Ö. K., Buber, E., Demir, Ö. & Diri, B. (2019). Machine learning based phishing detection from URLs. Expert Systems with Applications, 117, 345-357.
- Wei, W., Qiao, K., Nowak, J., Korytkowski, M., Scherer, R. & Wozniak, M. (2020). Accurate and fast URL phishing detector: A convolutional neural network approach. Computer Networks, 178, 1-9.
- Yuan, J., Chen G., Tian, S. & Xinjun, P. (2021). Malicious URL detection based on a parallel neural joint model. IEEE Access, 9, 1-9.





# A Hybrid Method Based on Feature Fusion for Breast Cancer Classification using Histopathological Images

Emre Dandıl<sup>1\*</sup>, Ali Osman Selvi<sup>2</sup>, Kerim Kürşat Çevik<sup>3</sup>, Mehmet Süleyman Yıldırım<sup>4</sup>, Süleyman Uzun<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Bilecik Seyh Edebali University, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399)

<sup>2</sup> Department of Computer Technology, Vocational School, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0002-9532-0984)

<sup>3</sup> Department of Management Information Systems, Faculty of Applied Sciences, Akdeniz University, Antalya, Turkey (ORCID: 0000-0002-2921-506X)

<sup>4</sup> Department of Computer Technology, Söğüt Vocational School, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0002-3998-1542)

<sup>5</sup> Computer Engineering, Faculty of Technology, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya, Turkey (ORCID: 0000-0001-8246-6733)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018309)

**ATIF/REFERENCE:** Dandıl, E., Selvi, A.O., Çevik, K.K., Yıldırım, M.S. & Uzun, S. (2021). A Hybrid Method Based on Feature Fusion for Breast Cancer Classification using Histopathological Images. *European Journal of Science and Technology*, (29), 129-137.

## Abstract

Breast cancer is the most common type of cancer in women today, and it ranks second after lung cancer with a very high mortality rate. If it is detected late, the treatment of breast cancer becomes very difficult. Although there are various methods for the detection of breast cancer, there is still a need for auxiliary diagnosis and treatment methods. In this study, a hybrid method is proposed to investigate the development of basal-like breast tumors and classify basal-like breast cancer types using histopathological images. In the study, firstly, appropriate features that support the accurate classification between tumor and non-tumor regions are extracted from histopathological images. Then the dataset is created by combining the obtained features. In the last stage of the study, the classification of images is carried out by using bag of words (BoW) and deep neural networks (DNN) techniques in a hybrid manner. Generally, immunohistochemical markers are used for this classification, but the performance of these markers remains at 60%. The performance of the classification accuracy of the proposed system is increased with the proposed hybrid classifier based on feature fusion. As a result of the study, 94.5% classification accuracy is achieved on the training set, while 80.8% classification accuracy is achieved on the test set. As a result, it is verified that successful results are achieved in the classification of basal-like breast cancer on histopathological images using the proposed hybrid method based on feature fusion.

**Keywords:** Breast cancer, Classification, Histopathological images, Deep neural networks, Bag of words, Feature fusion.

## Histopatolojik Görüntüler Kullanarak Göğüs Kanseri Sınıflandırması İçin Özellik Birleştirmeye Dayalı Melez Bir Yöntem

### Öz

Günümüzde kadınlar arasında en sık görülen kanser türü meme kanseridir ve akciğer kanserinden sonra oldukça yüksek bir ölüm oranına sahip olarak ikinci sırada yer alır. Geç tespit edilmesi durumunda ise meme kanserinin tedavisi oldukça zor bir duruma gelmektedir. Meme kanserinin tespiti için çeşitli yöntemler bulunmasına karşın, halen yardımcı tespit ve tedavi yöntemlerine olan ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, histopatolojik görüntüler kullanılarak bazal benzeri meme tümörlerinin gelişimini incelemek ve bazal benzeri meme kanserleri türlerini sınıflandırmak için melez bir sistem önerilmektedir. Yapılan çalışmada, ilk önce tümörlü ve tümörlü olmayan bölgeler arasında doğru sınıflandırmayı destekleyen kullanışlı özelliklerin çıkartılması sağlanmıştır. Daha sonra, elde edilen özelliklerin birleştirilmesi ile veriseti oluşturulmuştur. Çalışmanın son aşamasında ise, kelime çantası (bag of words) ve

\* Corresponding Author: Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399), [emre.dandil@bilecik.edu.tr](mailto:emre.dandil@bilecik.edu.tr)

derin sinir ağırları (deep neural networks) modelleri hibrit bir biçimde kullanarak görüntülerin sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Literatürde bu sınıflandırma için immünohistokimyasal belirteçler kullanılmaktadır, fakat bu belirteçlerin başarımları ise %60 seviyelerinde kalmaktadır. Bu çalışmada, histopatolojik görüntülerden elde edilen özellikler birleştirilerek, önerilen melez sınıflandırıcı ile sistemin sınıflandırma doğruluğu başarımının artırılması sağlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, eğitim kümesi ile %94.5 sınıflandırma doğruluğuna ulaşılırken, test kümesi ile %80.8 sınıflandırma doğruluğu başarılmıştır. Böylece, histopatolojik görüntüler üzerinde bazal benzeri göğüs kanserinin sınıflandırılmasında özellik birleştirmeye dayalı önerilen melez yöntem ile başarılı sonuçlara ulaşıldığı doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göğüs kanseri, Sınıflandırma, Histopatolojik görüntüler, Derin sinir ağırları, Kelime çantası, Özellik birleştirme.

## 1. Introduction

According to global cancer statistics in a study including 185 countries, cancer is the second-leading cause of death worldwide after heart diseases (Sung *et al.*, 2021). In addition, according to the data of the World Health Organization (WHO), breast cancer is the most common cancer in women worldwide contributing to 25.4% of the total number of new cancer cases. Moreover, breast cancer has the second mortality rate after lung cancer (Han *et al.*, 2017). According to a research conducted by The American Cancer Society in 2021, it is estimated that approximately 281,550 new cases of invasive breast cancer will be diagnosed in women in the United States, 49,290 new cases of ductal carcinoma will be diagnosed, and 43,600 women will die because of breast cancer (ACS, 2021). Worldwide, a recent report shows that 2,261,419 new cases of breast cancer were diagnosed in one year and 684,996 people died from breast cancer (Sung *et al.*, 2021). These numbers are expected to increase year by year.

Traditional methods such as mammography, ultrasound and magnetic resonance (MR) imaging are used in the diagnosis of breast cancer (Dandil & Serin, 2020). Although these auxiliary imaging methods are used in the diagnosis of breast cancer, histopathological images are preferred for accurate diagnosis. Pathologists make definitive diagnosis of the disease with biopsy, but detailed examination with the help of a microscope can take a longer time. In addition, sometimes the accurate result cannot be achieved in cases due to the expert-based reasons such as fatigue and lack of experience. For these reasons, technologies such as machine learning, deep learning and image processing have been frequently used in the histopathological examination of tissue samples in recent years (Wang *et al.*, 2016). For the diagnosis of breast cancer, experts examine the textural features, detect the differences in the normal breast structure, and assess the tissues stained with Hematoxylin and Eosin (H&E) with a microscope. Technologies that can perform computer-aided automatic diagnosis have started to be used frequently since they can be used as a faster and helpful tool in cancer detection. Classification accuracy can be increased and differences of opinion among experts can be reduced by these methods (Kumar *et al.*, 2020).

Breast cancer is divided into five different subtypes as Luminal A, Luminal B, normal-like, HER-2 overexpression and basal-like (Badowska-Kozakiewicz & Budzik, 2016; Dai *et al.*, 2015). Basal-like tumors are known as a subtype of breast cancer defined by gene and protein expression. Basal-like tumors are seen at a high rate among all types of breast cancer. Basal-like breast cancer is prevalent among younger women. These tumors show aggressive behavior and have a poor prognosis (Çevik *et al.*, 2021). Although basal-like tumors are characterized by using many distinctive features, there is not yet a fully proposed

system for both defining subtypes of breast cancer at the clinical level and systematically classifying them. Although immunohistochemical markers are used in the classification of basal-like breast cancer, the performance of these markers is not very high (Badowska-Kozakiewicz & Budzik, 2016).

In the previous studies proposed for the diagnosis of breast cancer, early detection and treatment have been shown to significantly improve survival rates of the patient (Jones *et al.*, 2015). It is often preferred to use microscopic images for the diagnosis and treatment of breast cancer (Ibrahim *et al.*, 2015). Pathologists assess the clinical findings of the disease as well as the microscopic examination at the diagnosis stage (Badve *et al.*, 2011). In this process, the classification of the type of breast cancer and the accurate determination of its stage may also vary according to the professional experience of the physicians. For this reason, it is very important to develop and propose computer-aided automatic secondary auxiliary tools that physicians can use in their decision-making processes.

Computer-aided automatic diagnosis systems have an important place in the assessment of medical images (Öztürk & Akdemir, 2018). Especially in recent years, with the increase in cancer cases, automatic analysis of histopathological images has become prominent (Sertel *et al.*, 2010). In order to achieve higher accuracy in automatic detection/diagnosis systems, it has become widespread to combine different methods and therefore to use hybrid methods. These methods facilitate the process by helping the expert in the decision-making process (Mikhaylov & Bakhshiev, 2017). A brief review of some of the studies previously proposed for the diagnosis of breast cancer based on the analysis of histopathological images is presented in Table 1.

In this study, a hybrid system is proposed for the classification of basal-like breast cancer types using histopathological images. Texton features, network features, morphometric features and gray-level co-occurrence matrix (GLCM) features were extracted from histopathological images, similar to the previous studies proposed for the detection of breast cancer. Then the features were combined using feature fusion. Unlike previous studies, in the final stage of the study, the classification process of basal-like breast cancer images was carried out using a hybrid model obtained by combining bag of words (BoW) and deep neural networks (DNN) models. The rest of this paper is organized as follows: In Section II, the material and method contents are detailed within the scope of the study, and sub-sections such as the general block diagram of the model, the used methods, feature extraction techniques, and the used dataset are mentioned. In Section III, experimental research results and discussion are presented. In this section, the findings are presented in detail, the results are evaluated graphically. In the last section, the results obtained from the study and the future studies are presented.

Table 1. A brief review of some of the previous studies proposed for the diagnosis of breast cancer

(Reference, Year)	Method	Evaluation
(Azar & El-Said, 2013)	PNN (probabilistic neural networks), MLP (multi-layer perceptron) and RBF (radial basis function)	PNN method produced better results
(Abdel-Zaher & Eldeib, 2016)	Liebenberg Marquardt learning function, DBN-NN (deep belief network path)	High accuracy was achieved
(Öztürk & Akdemir, 2018)	SVM (support vector machine), k-NN (k-nearest neighbors), LDA (linear discriminant analysis) and boosted tree	The most successful results are in the combination of SFTA (Segmentation-based Fractal Texture Analysis) and Boosted Tree
(Nahid <i>et al.</i> , 2018)	CNN (convolutional neural network) and LSTM (long short term memory) combination	Using BreakHis dataset, high accuracy, precision and F-measure scores were achieved
(Mohammed <i>et al.</i> , 2018)	Multi-fractal dimension features	A high level of sensitivity was achieved
(Khameneh <i>et al.</i> , 2019)	CNN and SVM	The proposed method was shown to outperform when comparing other approaches
(Budak <i>et al.</i> , 2019)	FCN (fully convolutional network), Bi-LSTM (bi-directional long short term memory)	The performance on BreakHis database was found to be better than other methods
(Öztürk & Akdemir, 2019)	CNN based HIC-Net	High sensitivity, specificity and accuracy scores were obtained
(Sudharshan <i>et al.</i> , 2019)	MIL (multi instance learning)-CNN based on APR, Diverse Density, MI (multi instance)-SVM, citation k-NN	They stated that the proposed method had the best overall results
(Yan <i>et al.</i> , 2020)	Hybrid convolutional and recurrent DNN	High performance with average accuracy highlighted
(Kumar <i>et al.</i> , 2020)	VGGNet-16 based CNN	For CMTHis and BreakHis databases, high average accuracy achieved
(Dandil & Serin, 2020)	DNN	The results were compared using four different pre-trained backbones such as DenseNet201, Inception V3, ResNet50 and Xception
(Çevik <i>et al.</i> , 2021)	DNN with transfer learning	High accuracy was achieved
(Zewdie <i>et al.</i> , 2021)	CNN-based ResNet50 pre-trained network	High accuracy was achieved

## 2. Material and Method

In this proposed study, a hybrid system based on feature fusion was designed for the classification of basal-like breast tumors on histopathological images. Firstly, useful features that support the accurate classification of tumor and non-tumor regions were extracted. The dataset was created by combining

the obtained features. In the last stage of the study, the classification of breast cancer was provided by using BoW and DNN models in a hybrid manner. In order to test the developed system, publicly-available datasets were used. The block diagram of the stages carried out in the study is shown in Figure 1.

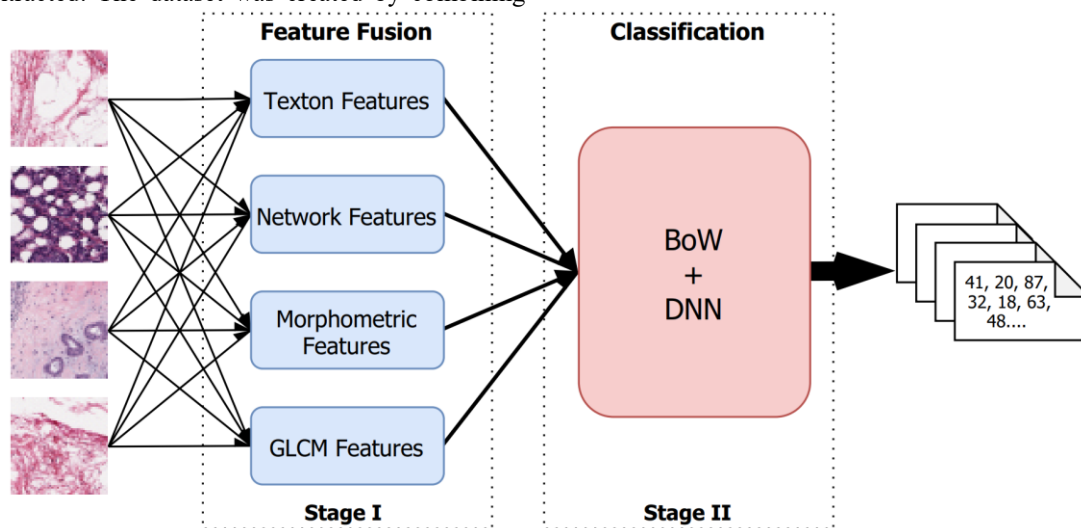


Figure 1. Block diagram of the proposed system for the classification of breast cancer on histopathological images

### 2.1. Dataset

In this study, experimental studies conducted for breast cancer classification were carried out on breast cancer e-ISSN: 2148-2683

histopathology images presented in publicly available Breast Histopathology Images dataset (Cruz-Roa *et al.*, 2014; Janowczyk & Madabhushi, 2016). The images in the original



dataset consist of 277,524 50×50 pixel patches extracted from 281 slide images of 281 breast cancer (BCa) specimens that were scanned at 40X. Of the images obtained, 198,738 were diagnosed as invasive ductal carcinoma (IDC) negative, and 78,786 were diagnosed as IDC positive. Figure 2 denotes the IDC negative and positive sample images in the Breast Histopathology Images dataset

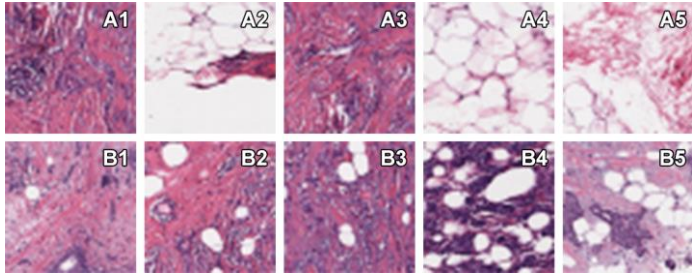


Figure 2. IDC (A1, A2, A3, A4, A5) positive and IDC (B1, B2, B3, B4, B5) negative histopathological image samples in the breast histopathology dataset

## 2.2. Feature Extraction and Feature Fusion

In this stage of the study, texton features, network features, morphometric features and gray-level co-occurrence matrix (GLCM) features were extracted from the positive and negative histopathological images in the Breast Histopathology Images dataset and feature fusion was used for classification with BoW and DNN methods.

### 2.2.1. Texton Features

Khurd *et al.* (Khurd *et al.*, 2010) proposed a texton classification system for the staging of prostate cancer. This feature extraction was called texton since a clustering-based filtering was applied to determine the basic level texton elements. An unchanged filter bank was used at each pixel level to extract texton features. For this feature extraction, the properties of the Maximum Response (MR) filter bank presented by Varma and Zisserman were obtained (Chekkoury *et al.*, 2012). These filter banks are the MR8 filter, the Gaussian filter, and the Laplacian of Gaussian filter.

### 2.2.2. Morphometric Features

Within the scope of the study, the morphometric features determined for the histopathological images capture the variation in the size and shape of the cell nuclei on the image in accordance with the parameters determined by the pathologists (Bloom & Richardson, 1957). By this feature extraction method, three different types of morphometric features were investigated such as information extracted from the Hessian matrix, information provided by the Fourier shape descriptors, and a special designed feature extracted by encoding the spatial arrangement of nuclei surrounding a ductal structure (Chekkoury *et al.*, 2012).

### 2.2.3. Network Features

As in pattern recognition problems, edge connection patterns between pairs of points that make up objects on an image are very important. The network features used in this study were obtained from Urquhart graphs based on the relative neighborhood graph of cell nuclei detected from histopathological images (Andrade & de Figueiredo, 2001). In the study, network cycles were used based on network statistics

to capture special signals using Urquhart graphs and extra cellular matrices. In the experimental studies, related features were used depending on the weighted and unweighted lengths of different cycles.

### 2.2.4. Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Features

The GLCM (gray-level co-occurrence matrix) features proposed by Haralick for the first time describe the statistical characteristics of a gray-level tissue (Clausi, 2002; Haralick *et al.*, 1973). Relationships between pixels with different gray levels can be represented by GLCM features. If the image is two-dimensional (2D), features can be extracted from different GLCM direction angles. In this study, GLCM features extracted from histopathological H&E images were obtained with 0°, 45°, 90° and 135° angle directions and with a distance (d=2). GLCM features extracted from histopathological images for the classification of breast cancer are Angular Second Moment, Entropy, Dissimilarity, Contrast, Inverse Difference, Correlation, Homogeneity, Autocorrelation, Cluster Shade, Maximum probability, Cluster Prominence, Sum Average, Sum Entropy, Sum of Squares, Sum Variance, Difference Variance, Difference Entropy, Information measures of correlation-1, Information measures of correlation-2, Maximal correlation co-efficient, Inverse difference normalized, Inverse difference moment normalized, respectively.

### 2.2.5. Feature Fusion

In this study, feature fusion was performed for texton features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images, as seen in Figure 3. The feature set obtained from basal-like breast cancer images was classified by using the proposed hybrid method by combining with the BoW and DNN methods after the feature selection process.

imgName	glcm	texton	perimeter	kpHarris	kpHarrisLaplace
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[487.5928;...	[48,49,27.8628]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[556.1460;...	[49,48,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[663.7469;...	[49,48,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[685.4202;...	[48,49,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[664.8374;...	[47,48,11.1974]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[561.2599;...	[49,48,13.4369]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[497.4432;...	[49,49,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[560.0729;...	[48,49,40.1225]

Figure 3. Feature fusion for the texton features, network features, morphometric features and GLCM features

### 2.2.6. Feature Selection

In the study, since the total number of texton features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images was very high, it was seen that the use of all of them together reduced the detection performance. For this reason, the most appropriate features were selected among the combined features. In the experimental studies, selection of appropriate features extracted from histopathological images was performed by Sequential Floating Forward Selection (SFFS) method via KNIME software (KNIME, 2021). SFFS is a general feature extraction method and is used to select the most effective features from large feature matrices according to the level of importance of features (Pudil *et al.*, 1994). For feature selection, the architecture of block diagram shown in Figure 4 was designed by artificial neural networks in KNIME software.



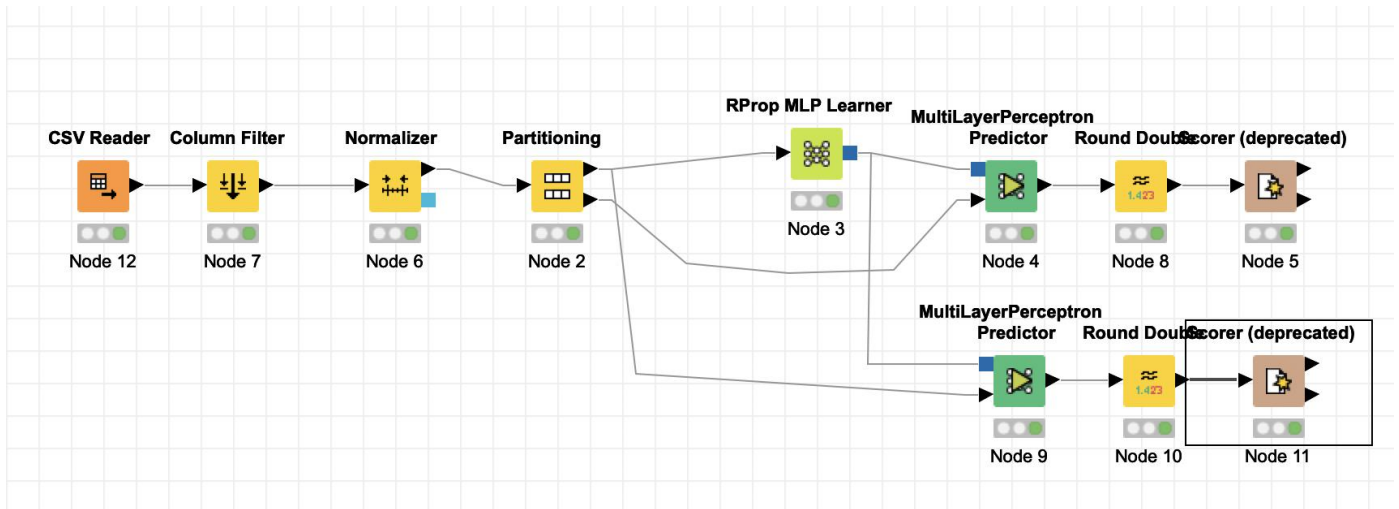


Figure 4. Block diagram designed in KNIME environment for feature selection

As a result of feature selection, the rank of each of the features was presented according to their importance in Figure 5. Therefore, the most appropriate features for the proposed hybrid

method were selected and histopathological images were classified.

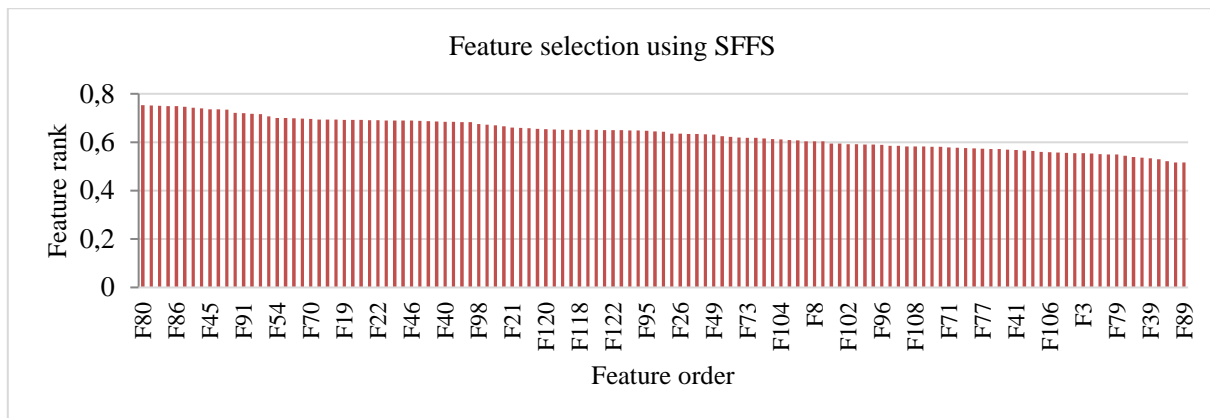


Figure 5. Ranking the features of importance

### 2.3. Classification

In the study, basal-like breast cancer classification based on feature fusion was performed by BoW and DNN methods, using texton features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images.

DNN is a different application of CNN architecture and is widely preferred in classification problems. DNN architecture also has similar features as 1D-CNN structure (Eren *et al.*, 2019). In DNN architecture, the convolution layer used in CNN architectures is generally not used. Instead of this, dense layer is preferred. In this study, the DNN architecture was designed in the Python programming language using TensorFlow environment for the classification of the extracted features on the histopathological images, which is shown in Figure 6. The “adam” function was preferred as the optimizer in the designed DNN architecture.

Another method used in the study to create hybrid architecture is BoW, known as bag of words. The BoW model is a frequently used model in classification problems, especially in natural processing. The structure of BoW is derived from natural language processing and Information retrieval (Zhang *et al.*, 2010). Today, BoW is widely used in the field of image processing. BoW represents an image as a set of features since

the features on the image consist of key points and descriptors. In BoW, classification is performed by extracting the frequency histogram of the features in an image (Ali *et al.*, 2015). Basically, BoW extracts the main feature of the images of the learned classes and converts them into a codebook to be used to compare the features of the images of the unknown classes to find the best class to represent the images of these unknown classes (Li *et al.*, 2010). The block diagram showing the structure of the BoW algorithm in a classification problem is presented in Figure 7.

```
model= Sequential();
model.add(Dense(64,input_dim=125))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(128))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(256))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(128))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(64))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(1))
model.add(Activation('sigmoid')) #k
```

Figure 6. DNN architecture designed for classification of features extracted from histopathological images

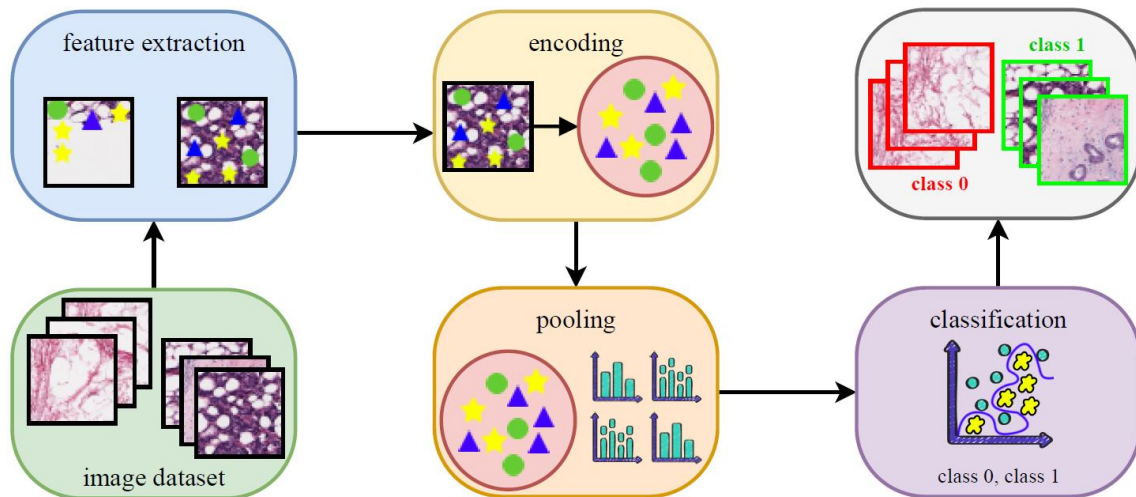


Figure 7. Block diagram showing the structure of the BoW model for the classification procedure

### 3. Experimental Analysis

In this study, many experimental studies were conducted to verify the performance of the proposed DNN and BoW-based hybrid method for the classification of breast cancer from histopathological images. Experimental analyzes were carried out by verifying the results and findings obtained as a result of experimental studies using measurement metrics. Experimental analyzes in this study were carried out using a desktop workstation computer with Asus Z390 motherboard, Intel Core i9-9900K 5 GHz processor, 32GB RAM memory, NVIDIA GeForce RTX 2080Ti GPU, 256GB SSD hardware.

In the experimental studies, approximately 10% of the images in the Breast Histopathology Images dataset, which were diagnosed as 198,738 IDC negative (class 0), 78,786 IDC positive (class 1), were selected to be used in the study. A total of 12,423 images were randomly selected with a balanced class distribution. The selected dataset was divided into two subgroups as 80% (9938 images) for the training set and 20% (2485 images) for the test set. Experimental studies were carried out on these training and test sets.

In the experimental studies, feature fusion was performed for textron features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images. Basal-like breast cancer classification was performed by a hybrid approach based on BoW and DNN methods. Experimental

studies were first performed using the BoW method. When the most appropriate features selected by SFFS among the features combined with feature fusion were classified using BoW, an average accuracy rate of 67% was achieved depending on the IDC negative (class 0) and IDC positive (class 1) classes. In the second phase of the experimental studies, only the DNN method was applied using the appropriate features selected from the combined features for the classification of breast cancer from histopathological images. For IDC negative (class 0) and IDC positive (class 1) classes, an average accuracy rate of 74.16% was achieved using the DNN method.

In order to achieve higher classification accuracy than the accuracy scores achieved by using DNN-only and BoW-only methods, a hybrid (hybrid) approach based on BoW and DNN methods was used to classify selected features. Some parameter values achieved for the training phase conducted using the BoW and DNN hybrid method after feature fusion and selection are shown in Figure 8. In addition, the board screen showing the changes in the accuracy and loss values of the proposed hybrid network during training is presented in Figure 9. As can be seen from both figures, the average accuracy score for the proposed hybrid network tends to fall above 90% and the average loss value tends to fall to 0.1. Therefore, it can be concluded that the training phase of the proposed network was successful.

Initializing input data normalization.

Epoch	Iteration	Time Elapsed (hh:mm:ss)	Mini-batch Accuracy	Mini-batch Loss	Base Learning Rate
1	1	00:00:03	53.12%	0.8468	0.0010
1	50	00:00:38	80.47%	0.3865	0.0010
2	100	00:01:12	83.59%	0.3263	0.0010
2	150	00:01:47	83.59%	0.4357	0.0010
3	200	00:02:23	86.72%	0.2370	0.0010
4	250	00:02:58	82.81%	0.3422	0.0010
4	300	00:03:34	92.19%	0.2024	0.0010
5	350	00:04:10	93.75%	0.1733	0.0010
6	400	00:04:45	96.09%	0.1378	0.0010
6	450	00:05:20	100.00%	0.0636	0.0010
7	500	00:05:56	90.62%	0.2104	0.0010
8	550	00:06:32	92.19%	0.1907	0.0010
8	600	00:07:07	96.88%	0.1052	0.0010
9	650	00:07:43	92.97%	0.1623	0.0010
9	700	00:08:18	92.97%	0.1823	0.0010
10	750	00:08:54	90.62%	0.2007	0.0010
10	780	00:09:15	96.09%	0.1006	0.0010

Figure 8. Some parameter values achieved for the training phase conducted using the BoW and DNN hybrid method

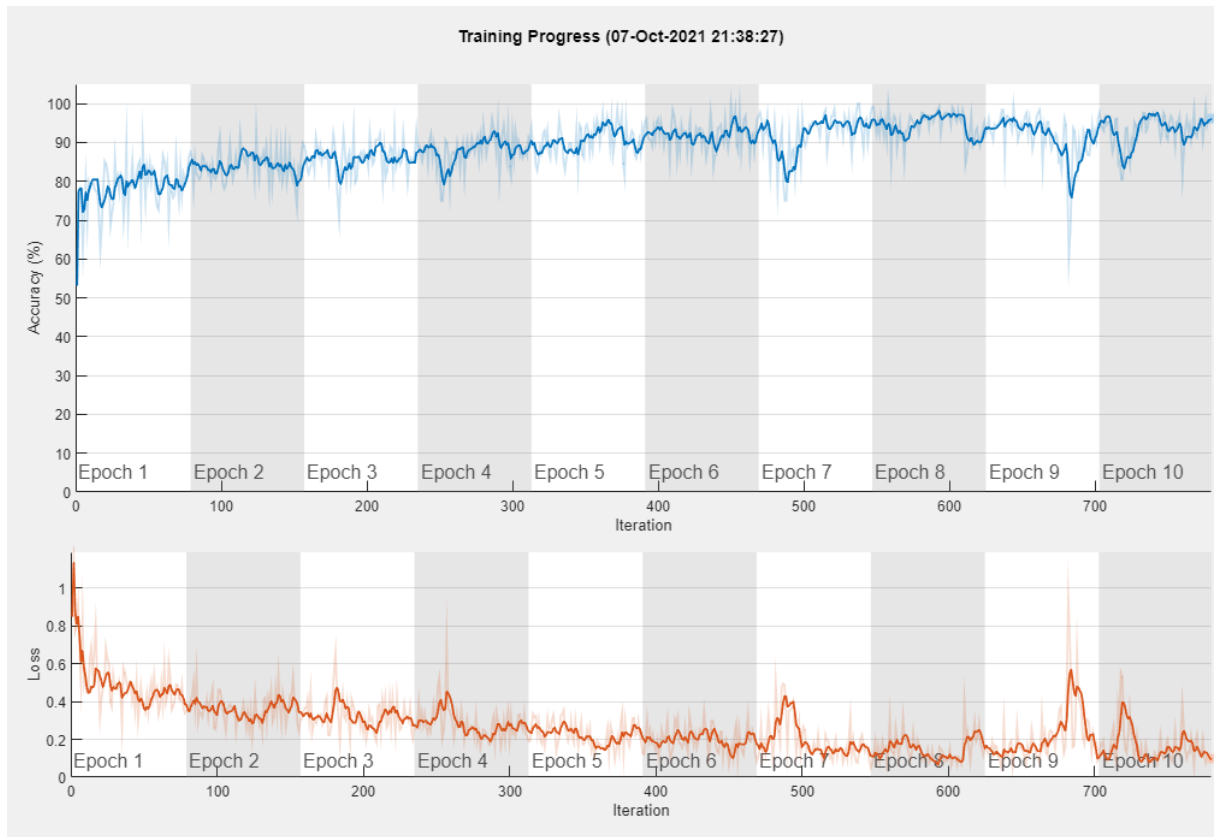


Figure 9. Board screen showing the changes in the accuracy and Loss values of the proposed hybrid network during training

The confusion matrices showing the classification results obtained on the training and test sets using the proposed hybrid method after the training phase is completed are shown in Table 2 and Table 3, respectively. As can be seen from these confusion matrices, 94.5% classification accuracy was achieved with the training dataset, while 80.8% classification accuracy was succeed with the test set.

Table 2. The confusion matrix showing the classification results obtained on the training set by the proposed hybrid method

Train Accuracy Confusion Matrix				
Output Class	Class 0	7359	486	93.8% 6.2%
	Class 1	63	2152	97.2% 2.8%
Accuracy		99.2%	81.6%	94.5%
Error		0.8%	18.4%	5.5%
		Class 0	Class 1	
		Target Class		

Table 3. The complexity matrix showing the classification results obtained on the test set by the proposed hybrid method

Test Accuracy Confusion Matrix				
Output Class	Class 0	1684	313	84.3% 15.7%
	Class 1	171	347	67.0% 33.0%
Accuracy		90.8%	52.6%	80.8%
Error		9.2%	47.4%	19.2%
		Class 0	Class 1	
		Target Class		

#### 4. Conclusion

The diagnosis of diseases in medical scans has some drawbacks as manual selection of the region of interest by experts, being open to human error, mostly being subjective/depending on experience, and causing unnecessary waste of time. In order to eliminate these problems, especially in recent years, the use of computer-aided secondary tools that help physicians in the decision-making process based on medical images for the diagnosis of many diseases, especially cancer has increased significantly. In this study, a hybrid method based on BoW and DNN methods is proposed to study the development

of basal-like breast tumors and classify basal-like breast cancer types using histopathological images. In the study, first of all, useful texture features, network features, morphometric features and GLCM features that support accurate classification between tumor and non-tumor regions were extracted. Then after feature fusion was applied, the most appropriate features among all features were selected using SFFS. In the experimental studies performed using the proposed hybrid method based on the BoW and DNN methods, 94.5% classification accuracy was achieved for the training dataset, while 80.8% classification accuracy score was obtained for the test set. The proposed method is presented with a secondary tool structure as a computer aided decision support system that can assist physicians in the classification of breast cancer. In future studies, it is planned to create a original dataset from histopathological images for the classification of breast cancer and to achieve a high accuracy score in the studies to be performed on this dataset.

#### 4. Acknowledgements

This study was supported by Scientific Research Projects Department of Bilecik Seyh Edebali University with the project numbered 2019-01.BŞEÜ.25-02. The team would like to thank Scientific Research Projects Department of Bilecik Seyh Edebali University for their contributions. We also thank to providers of publicly-available datasets.

#### References

- Abdel-Zaher, A. M., & Eldeib, A. M. (2016). Breast cancer classification using deep belief networks. *Expert Systems with Applications*, 46, 139-144.
- ACS. (2021). How Common Is Breast Cancer? Available: <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/about/how-common-is-breast-cancer.html>
- Ali, N. M., Karis, M. S., Abidin, A. F. Z., Bakri, B., Shair, E. F., & Razif, N. R. A. (2015). Traffic sign detection and recognition: Review and analysis. *Jurnal Teknologi*, 77(20).
- Andrade, D. V., & de Figueiredo, L. H. (2001). *Good approximations for the relative neighbourhood graph*. Paper presented at the CCCG.
- Azar, A. T., & El-Said, S. A. (2013). Probabilistic neural network for breast cancer classification. *Neural Computing and Applications*, 23(6), 1737-1751.
- Badowska-Kozakiewicz, A. M., & Budzik, M. P. (2016). Immunohistochemical characteristics of basal-like breast cancer. *Contemporary Oncology*, 20(6), 436.
- Badve, S., et al. (2011). Basal-like and triple-negative breast cancers: a critical review with an emphasis on the implications for pathologists and oncologists. *Modern Pathology*, 24(2), 157-167.
- Bloom, H., & Richardson, W. (1957). Histological grading and prognosis in breast cancer: a study of 1409 cases of which 359 have been followed for 15 years. *British journal of cancer*, 11(3), 359.
- Budak, Ü., Cömert, Z., Rashid, Z. N., Şengür, A., & Çıbuk, M. (2019). Computer-aided diagnosis system combining FCN and Bi-LSTM model for efficient breast cancer detection from histopathological images. *Applied Soft Computing*, 85, 105765.
- Chekkoury, A., et al. (2012). *Automated malignancy detection in breast histopathological images*. Paper presented at the Medical Imaging 2012: Computer-Aided Diagnosis.
- Clausi, D. A. (2002). An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization. *Canadian Journal of remote sensing*, 28(1), 45-62.
- Cruz-Roa, A., et al. (2014). *Automatic detection of invasive ductal carcinoma in whole slide images with convolutional neural networks*. Paper presented at the Medical Imaging 2014: Digital Pathology.
- Çevik, K. K., Dandil, E., Uzun, S., Yildirim, M. S., & Selvi, A. O. (2021). 12 Detection of breast cancer using deep neural networks with transfer learning on histopathological images *Artificial Intelligence for Data-Driven Medical Diagnosis* (pp. 245-264): De Gruyter.
- Dai, X., Li, T., Bai, Z., Yang, Y., Liu, X., Zhan, J., & Shi, B. (2015). Breast cancer intrinsic subtype classification, clinical use and future trends. *American journal of cancer research*, 5(10), 2929.
- Dandil, E., & Serin, Z. (2020). Derin Sinir Ağları Kullanarak Histopatolojik Görüntülerde Meme Kanseri Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 451-463.
- Eren, L., Ince, T., & Kiranyaz, S. (2019). A generic intelligent bearing fault diagnosis system using compact adaptive 1D CNN classifier. *Journal of Signal Processing Systems*, 91(2), 179-189.
- Han, Z., Wei, B., Zheng, Y., Yin, Y., Li, K., & Li, S. (2017). Breast cancer multi-classification from histopathological images with structured deep learning model. *Scientific Reports*, 7(1), 1-10.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*(6), 610-621.
- Ibrahim, F., Thio, T. H. G., Faisal, T., & Neuman, M. (2015). The application of biomedical engineering techniques to the diagnosis and management of tropical diseases: a review. *Sensors*, 15(3), 6947-6995.
- Janowczyk, A., & Madabhushi, A. (2016). Deep learning for digital pathology image analysis: A comprehensive tutorial with selected use cases. *Journal of pathology informatics*, 7.
- Jones, C. E., Maben, J., Lucas, G., Davies, E. A., Jack, R. H., & Ream, E. (2015). Barriers to early diagnosis of symptomatic breast cancer: a qualitative study of Black African, Black Caribbean and White British women living in the UK. *BMJ open*, 5(3).
- Khameneh, F. D., Razavi, S., & Kamasak, M. (2019). Automated segmentation of cell membranes to evaluate HER2 status in whole slide images using a modified deep learning network. *Computers in biology and medicine*, 110, 164-174.
- Khurd, P., Bahlmann, C., Maday, P., Kamen, A., Gibbs-Strauss, S., Genega, E. M., & Frangioni, J. V. (2010). *Computer-aided Gleason grading of prostate cancer histopathological images using texture forests*. Paper presented at the 2010 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro.
- KNIME. (2021). Available: <https://www.knime.com/>
- Kumar, A., et al. (2020). Deep feature learning for histopathological image classification of canine



- mammary tumors and human breast cancer. *Information Sciences*, 508, 405-421.
- Li, T., Mei, T., Kweon, I.-S., & Hua, X.-S. (2010). Contextual bag-of-words for visual categorization. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 21(4), 381-392.
- Mikhaylov, V., & Bakhshiev, A. (2017). The system for histopathology images analysis of spinal cord slices. *Procedia Computer Science*, 103(C), 239-243.
- Mohammed, M. A., Al-Khateeb, B., Rashid, A. N., Ibrahim, D. A., Abd Ghani, M. K., & Mostafa, S. A. (2018). Neural network and multi-fractal dimension features for breast cancer classification from ultrasound images. *Computers & Electrical Engineering*, 70, 871-882.
- Nahid, A.-A., Mehrabi, M. A., & Kong, Y. (2018). Histopathological breast cancer image classification by deep neural network techniques guided by local clustering. *BioMed research international*, 2018.
- Öztürk, Ş., & Akdemir, B. (2018). Application of feature extraction and classification methods for histopathological image using GLCM, LBP, LBGLCM, GLRLM and SFTA. *Procedia Computer Science*, 132, 40-46.
- Öztürk, Ş., & Akdemir, B. (2019). HIC-net: A deep convolutional neural network model for classification of histopathological breast images. *Computers & Electrical Engineering*, 76, 299-310.
- Pudil, P., Novovičová, J., & Kittler, J. (1994). Floating search methods in feature selection. *Pattern Recognition Letters*, 15(11), 1119-1125.
- Sertel, O., Lozanski, G., Shana'ah, A., & Gurcan, M. N. (2010). Computer-aided detection of centroblasts for follicular lymphoma grading using adaptive likelihood-based cell segmentation. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 57(10), 2613-2616.
- Sudharshan, P., Petitjean, C., Spanhol, F., Oliveira, L. E., Heutte, L., & Honeine, P. (2019). Multiple instance learning for histopathological breast cancer image classification. *Expert Systems with Applications*, 117, 103-111.
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, 2021(0), 0-41. doi:<https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Wang, D., Khosla, A., Gargeya, R., Irshad, H., & Beck, A. H. (2016). Deep learning for identifying metastatic breast cancer. *arXiv preprint arXiv:1606.05718*.
- Yan, R., et al. (2020). Breast cancer histopathological image classification using a hybrid deep neural network. *Methods*, 173, 52-60.
- Zewdie, E. T., Tessema, A. W., & Simegn, G. L. (2021). Classification of breast cancer types, sub-types and grade from histopathological images using deep learning technique. *Health and Technology*, 1-14.
- Zhang, Y., Jin, R., & Zhou, Z.-H. (2010). Understanding bag-of-words model: a statistical framework. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 1(1-4), 43-52.



# A Hybrid Method Based on Feature Fusion for Breast Cancer Classification using Histopathological Images

Emre Dandıl<sup>1\*</sup>, Ali Osman Selvi<sup>2</sup>, Kerim Kürşat Çevik<sup>3</sup>, Mehmet Süleyman Yıldırım<sup>4</sup>, Süleyman Uzun<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Bilecik Seyh Edebali University, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399)

<sup>2</sup> Department of Computer Technology, Vocational School, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0002-9532-0984)

<sup>3</sup> Department of Management Information Systems, Faculty of Applied Sciences, Akdeniz University, Antalya, Turkey (ORCID: 0000-0002-2921-506X)

<sup>4</sup> Department of Computer Technology, Söğüt Vocational School, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0002-3998-1542)

<sup>5</sup> Computer Engineering, Faculty of Technology, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya, Turkey (ORCID: 0000-0001-8246-6733)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018309)

**ATIF/REFERENCE:** Dandıl, E., Selvi, A.O., Çevik, K.K., Yıldırım, M.S. & Uzun, S. (2021). A Hybrid Method Based on Feature Fusion for Breast Cancer Classification using Histopathological Images. *European Journal of Science and Technology*, (29), 129-137.

## Abstract

Breast cancer is the most common type of cancer in women today, and it ranks second after lung cancer with a very high mortality rate. If it is detected late, the treatment of breast cancer becomes very difficult. Although there are various methods for the detection of breast cancer, there is still a need for auxiliary diagnosis and treatment methods. In this study, a hybrid method is proposed to investigate the development of basal-like breast tumors and classify basal-like breast cancer types using histopathological images. In the study, firstly, appropriate features that support the accurate classification between tumor and non-tumor regions are extracted from histopathological images. Then the dataset is created by combining the obtained features. In the last stage of the study, the classification of images is carried out by using bag of words (BoW) and deep neural networks (DNN) techniques in a hybrid manner. Generally, immunohistochemical markers are used for this classification, but the performance of these markers remains at 60%. The performance of the classification accuracy of the proposed system is increased with the proposed hybrid classifier based on feature fusion. As a result of the study, 94.5% classification accuracy is achieved on the training set, while 80.8% classification accuracy is achieved on the test set. As a result, it is verified that successful results are achieved in the classification of basal-like breast cancer on histopathological images using the proposed hybrid method based on feature fusion.

**Keywords:** Breast cancer, Classification, Histopathological images, Deep neural networks, Bag of words, Feature fusion.

## Histopatolojik Görüntüler Kullanarak Göğüs Kanseri Sınıflandırması İçin Özellik Birleştirmeye Dayalı Melez Bir Yöntem

### Öz

Günümüzde kadınlar arasında en sık görülen kanser türü meme kanseridir ve akciğer kanserinden sonra oldukça yüksek bir ölüm oranına sahip olarak ikinci sırada yer alır. Geç tespit edilmesi durumunda ise meme kanserinin tedavisi oldukça zor bir duruma gelmektedir. Meme kanserinin tespiti için çeşitli yöntemler bulunmasına karşın, halen yardımcı tespit ve tedavi yöntemlerine olan ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, histopatolojik görüntüler kullanılarak bazal benzeri meme tümörlerinin gelişimini incelemek ve bazal benzeri meme kanserleri türlerini sınıflandırmak için melez bir sistem önerilmektedir. Yapılan çalışmada, ilk önce tümörlü ve tümörlü olmayan bölgeler arasında doğru sınıflandırmayı destekleyen kullanışlı özelliklerin çıkartılması sağlanmıştır. Daha sonra, elde edilen özelliklerin birleştirilmesi ile veri seti oluşturulmuştur. Çalışmanın son aşamasında ise, kelime çantası (bag of words) ve derin sinir ağları (deep neural networks) modelleri hibrit bir biçimde kullanarak görüntülerin sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Literatürde bu sınıflandırma için immünohistokimyasal belirteçler kullanılmaktadır, fakat bu belirteçlerin başarıları ise %60 seviyelerinde kalmaktadır. Bu çalışmada, histopatolojik görüntülerden elde edilen özellikler birleştirilerek, önerilen melez sınıflandırıcı ile sistemin sınıflandırma doğruluğu başarımının artırılması sağlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, eğitim kümesi ile %94.5 sınıflandırma doğruluğuna ulaşılırken, test kümesi ile %80.8 sınıflandırma doğruluğu başarılmıştır. Böylece, histopatolojik görüntüler üzerinde bazal benzeri göğüs kanserinin sınıflandırılmasında özellik birleştirmeye dayalı önerilen melez yöntem ile başarılı sonuçlara ulaşıldığı doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göğüs kanseri, Sınıflandırma, Histopatolojik görüntüler, Derin sinir ağları, Kelime çantası, Özellik birleştirme.

\* Corresponding Author: Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bilecik, Turkey (ORCID: 0000-0001-6559-1399), [emre.dandil@bilecik.edu.tr](mailto:emre.dandil@bilecik.edu.tr)

## 1. Introduction

According to global cancer statistics in a study including 185 countries, cancer is the second-leading cause of death worldwide after heart diseases (Sung *et al.*, 2021). In addition, according to the data of the World Health Organization (WHO), breast cancer is the most common cancer in women worldwide contributing to 25.4% of the total number of new cancer cases. Moreover, breast cancer has the second mortality rate after lung cancer (Han *et al.*, 2017). According to a research conducted by The American Cancer Society in 2021, it is estimated that approximately 281,550 new cases of invasive breast cancer will be diagnosed in women in the United States, 49,290 new cases of ductal carcinoma will be diagnosed, and 43,600 women will die because of breast cancer (ACS(TheAmericanCancerSociety), 2021). Worldwide, a recent report shows that 2,261,419 new cases of breast cancer were diagnosed in one year and 684,996 people died from breast cancer (Sung *et al.*, 2021). These numbers are expected to increase year by year.

Traditional methods such as mammography, ultrasound and magnetic resonance (MR) imaging are used in the diagnosis of breast cancer (Dandil & Serin, 2020). Although these auxiliary imaging methods are used in the diagnosis of breast cancer, histopathological images are preferred for accurate diagnosis. Pathologists make definitive diagnosis of the disease with biopsy, but detailed examination with the help of a microscope can take a longer time. In addition, sometimes the accurate result cannot be achieved in cases due to the expert-based reasons such as fatigue and lack of experience. For these reasons, technologies such as machine learning, deep learning and image processing have been frequently used in the histopathological examination of tissue samples in recent years (Wang *et al.*, 2016). For the diagnosis of breast cancer, experts examine the textural features, detect the differences in the normal breast structure, and assess the tissues stained with Hematoxylin and Eosin (H&E) with a microscope. Technologies that can perform computer-aided automatic diagnosis have started to be used frequently since they can be used as a faster and helpful tool in cancer detection. Classification accuracy can be increased and differences of opinion among experts can be reduced by these methods (Kumar *et al.*, 2020).

Breast cancer is divided into five different subtypes as Luminal A, Luminal B, normal-like, HER-2 overexpression and basal-like (Badowska-Kozakiewicz & Budzik, 2016; Dai *et al.*, 2015). Basal-like tumors are known as a subtype of breast cancer defined by gene and protein expression. Basal-like tumors are seen at a high rate among all types of breast cancer. Basal-like breast cancer is prevalent among younger women. These tumors show aggressive behavior and have a poor prognosis (Çevik *et al.*, 2021). Although basal-like tumors are characterized by using many distinctive features, there is not yet a fully proposed

system for both defining subtypes of breast cancer at the clinical level and systematically classifying them. Although immunohistochemical markers are used in the classification of basal-like breast cancer, the performance of these markers is not very high (Badowska-Kozakiewicz & Budzik, 2016).

In the previous studies proposed for the diagnosis of breast cancer, early detection and treatment have been shown to significantly improve survival rates of the patient (Jones *et al.*, 2015). It is often preferred to use microscopic images for the diagnosis and treatment of breast cancer (Ibrahim *et al.*, 2015). Pathologists assess the clinical findings of the disease as well as the microscopic examination at the diagnosis stage (Badve *et al.*, 2011). In this process, the classification of the type of breast cancer and the accurate determination of its stage may also vary according to the professional experience of the physicians. For this reason, it is very important to develop and propose computer-aided automatic secondary auxiliary tools that physicians can use in their decision-making processes.

Computer-aided automatic diagnosis systems have an important place in the assessment of medical images (Öztürk & Akdemir, 2018). Especially in recent years, with the increase in cancer cases, automatic analysis of histopathological images has become prominent (Sertel *et al.*, 2010). In order to achieve higher accuracy in automatic detection/diagnosis systems, it has become widespread to combine different methods and therefore to use hybrid methods. These methods facilitate the process by helping the expert in the decision-making process (Mikheylov & Bakhshiev, 2017). A brief review of some of the studies previously proposed for the diagnosis of breast cancer based on the analysis of histopathological images is presented in Table 1.

In this study, a hybrid system is proposed for the classification of basal-like breast cancer types using histopathological images. Texton features, network features, morphometric features and gray-level co-occurrence matrix (GLCM) features were extracted from histopathological images, similar to the previous studies proposed for the detection of breast cancer. Then the features were combined using feature fusion. Unlike previous studies, in the final stage of the study, the classification process of basal-like breast cancer images was carried out using a hybrid model obtained by combining bag of words (BoW) and Deep Neural Networks (DNN) models. The rest of this paper is organized as follows: In Section II, the material and method contents are detailed within the scope of the study, and sub-sections such as the general block diagram of the model, the used methods, feature extraction techniques, and the used dataset are mentioned. In Section III, experimental research results and discussion are presented. In this section, the findings are presented in detail, the results are evaluated graphically. In the last section, the results obtained from the study and the future studies are presented.

Table 1. A brief review of some of the previous studies proposed for the diagnosis of breast cancer

(Reference, Year)	Method	Evaluation
(Azar & El-Said, 2013)	PNN (probabilistic neural networks), MLP (multi-layer perceptron) and RBF (radial basis function)	PPN produced better results
(Abdel-Zaher & Eldeib, 2016)	Liebenberg Marquardt learning function, DBN-NN (deep belief network path)	High accuracy was achieved
(Öztürk & Akdemir, 2018)	SVM (support vector machine), k-NN (k-nearest neighbors), LDA (linear discriminant analysis) and boosted tree	The most successful results are in the combination of SFTA and Boosted Tree
(Nahid <i>et al.</i> , 2018)	BreakHis dataset, CNN (convolutional neural network) and LSTM (long short term memory) combination	Not applicable (N/A) (N/A)
(Mohammed <i>et al.</i> , 2018)	Multi-fractal dimension features	A high level of sensitivity was achieved
(Khameneh <i>et al.</i> , 2019)	CNN and SVM	The proposed method was shown to outperform other approaches
(Budak <i>et al.</i> , 2019)	FCN: Fully Convolutional Network, Bi-LSTM: Bidirectional Long Short Term Memory	BreakKHis database performance was found to be better than other methods for 5-Cross/Fold
(Öztürk & Akdemir, 2019)	CNN based HIC-Net	High sensitivity, specificity and accuracy rates were obtained
(Sudharshan <i>et al.</i> , 2019)	MIL-CNN based on APR, Diverse Density, MI-SVM, citation k-NN	They stated that the proposed method had the best overall results
(Yan <i>et al.</i> , 2020)	Hybrid convolutional and recurrent deep neural network	High performance with average accuracy highlighted
(Kumar <i>et al.</i> , 2020)	VGGNet-16 based CNN	For CMTHis and BreakHis databases, high average accuracy achieved
(Dandıl & Serin, 2020)	Deep neural networks	The results were compared using four different pre-trained backbones such as DenseNet201, Inception V3, ResNet50 and Xception
(Çevik <i>et al.</i> , 2021)	Deep neural networks with transfer learning	High accuracy was achieved
(Zewdie <i>et al.</i> , 2021)	CNN-based Resnet50 pre-trained network	High accuracy scores was achieved

## 2. Material and Method

In this proposed study, a hybrid system based on feature fusion was designed for the classification of basal-like breast tumors on histopathological images. Firstly, useful features that support the accurate classification of tumor and non-tumor regions were extracted. The dataset was created by combining

the obtained features. In the last stage of the study, the classification of breast cancer was provided by using BoW and DNN models in a hybrid manner. In order to test the developed system, publicly-available datasets were used. The block diagram of the stages carried out in the study is shown in Figure 1.

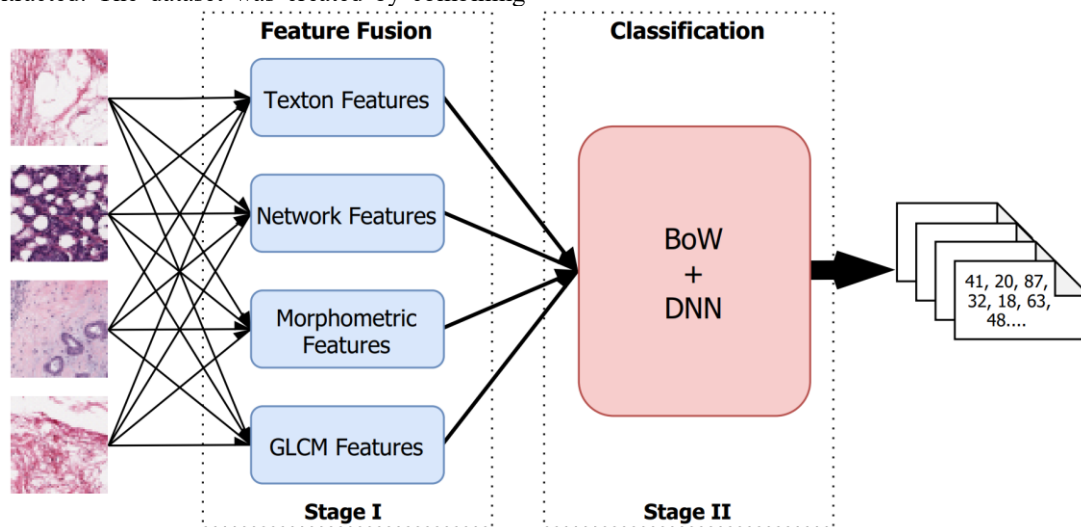


Figure 1. Block diagram of the proposed system for the classification of breast cancer on histopathological images

### 2.1. Dataset

In this study, experimental studies conducted for breast cancer classification were carried out on breast cancer e-ISSN: 2148-2683

histopathology images presented in publicly available Breast Histopathology Images dataset (Cruz-Roa *et al.*, 2014; Janowczyk & Madabhushi, 2016) [26, 2. The images in the



original dataset consist of 277,524 50×50 pixel patches extracted from 281 slide images of 281 breast cancer (BCa) specimens that were scanned at 40X. Of the images obtained, 198,738 were diagnosed as invasive ductal carcinoma (IDC) negative, and 78,786 were diagnosed as IDC positive. Figure 2 denotes the IDC negative and positive sample images in the Breast Histopathology Images dataset

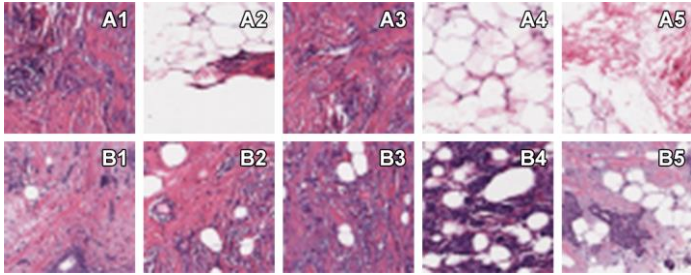


Figure 2. IDC (A1, A2, A3, A4, A5) positive and IDC (B1, B2, B3, B4, B5) negative histopathological image samples in the breast histopathology dataset

## 2.2. Feature Extraction and Feature Fusion

In this stage of the study, texton features, network features, morphometric features and gray-level co-occurrence matrix (GLCM) features were extracted from the positive and negative histopathological images in the Breast Histopathology Images dataset and feature fusion was used for classification with BoW and DNN methods.

### 2.2.1. Texton Features

Khurd *et al.* (Khurd *et al.*, 2010) proposed a texton classification system for the staging of prostate cancer. This feature extraction was called texton since a clustering-based filtering was applied to determine the basic level texton elements. An unchanged filter bank was used at each pixel level to extract texton features. For this feature extraction, the properties of the Maximum Response (MR) filter bank presented by Varma and Zisserman were obtained (Chekkoury *et al.*, 2012). These filter banks are the MR8 filter, the Gaussian filter, and the Laplacian of Gaussian filter.

### 2.2.2. Morphometric Features

Within the scope of the study, the morphometric features determined for the histopathological images capture the variation in the size and shape of the cell nuclei on the image in accordance with the parameters determined by the pathologists (Bloom & Richardson, 1957). By this feature extraction method, three different types of morphometric features were investigated such as information extracted from the Hessian matrix, information provided by the Fourier shape descriptors, and a special designed feature extracted by encoding the spatial arrangement of nuclei surrounding a ductal structure (Chekkoury *et al.*, 2012).

### 2.2.3. Network Features

As in pattern recognition problems, edge connection patterns between pairs of points that make up objects on an image are very important. The network features used in this study were obtained from Urquhart graphs based on the relative neighborhood graph of cell nuclei detected from histopathological images (Andrade & de Figueiredo, 2001). In the study, network cycles were used based on network statistics

to capture special signals using Urquhart graphs and extra cellular matrices. In the experimental studies, related features were used depending on the weighted and unweighted lengths of different cycles.

### 2.2.4. Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Features

The GLCM (gray-level co-occurrence matrix) features proposed by Haralick for the first time describe the statistical characteristics of a gray-level tissue (Clausi, 2002; Haralick *et al.*, 1973). Relationships between pixels with different gray levels can be represented by GLCM features. If the image is two-dimensional (2D), features can be extracted from different GLCM direction angles. In this study, GLCM features extracted from histopathological H&E images were obtained with 0°, 45°, 90° and 135° angle directions and with a distance (d=2). GLCM features extracted from histopathological images for the classification of breast cancer are Angular Second Moment, Entropy, Dissimilarity, Contrast, Inverse Difference, Correlation, Homogeneity, Autocorrelation, Cluster Shade, Maximum probability, Cluster Prominence, Sum Average, Sum Entropy, Sum of Squares, Sum Variance, Difference Variance, Difference Entropy, Information measures of correlation-1, Information measures of correlation-2, Maximal correlation co-efficient, Inverse difference normalized, Inverse difference moment normalized, respectively.

### 2.2.5. Feature Fusion

In this study, feature fusion was performed for texton features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images, as seen in Figure 3. The feature set obtained from basal-like breast cancer images was classified by using the proposed hybrid method by combining with the BoW and DNN methods after the feature selection process.

imgName	glcm	texton	perimeter	kpHarris	kpHarrisLaplace
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[487.5928;...	[48,49,27.8628]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[556.1460;...	[49,48,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[663.7469;...	[49,48,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[685.4202;...	[48,49,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[664.8374;...	[47,48,11.1974]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[561.2599;...	[49,48,13.4369]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[497.4432;...	[49,49,40.1225]
"10253_idx...	1x88 dou...	8x2500 d...	1x24 double	[560.0729;...	[48,49,40.1225]

Figure 3. Feature fusion for the texton features, network features, morphometric features and GLCM features

### 2.2.6. Feature Selection

In the study, since the total number of texton features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images was very high, it was seen that the use of all of them together reduced the detection performance. For this reason, the most appropriate features were selected among the combined features. In the experimental studies, selection of appropriate features extracted from histopathological images was performed by Sequential Floating Forward Selection (SFFS) method via KNIME software ("KNIME, "). SFFS is a general feature extraction method and is used to select the most effective features from large feature matrices according to the level of importance of features (Pudil *et al.*, 1994). For feature selection, the architecture of block diagram shown in Figure 4 was designed by artificial neural networks in KNIME software.

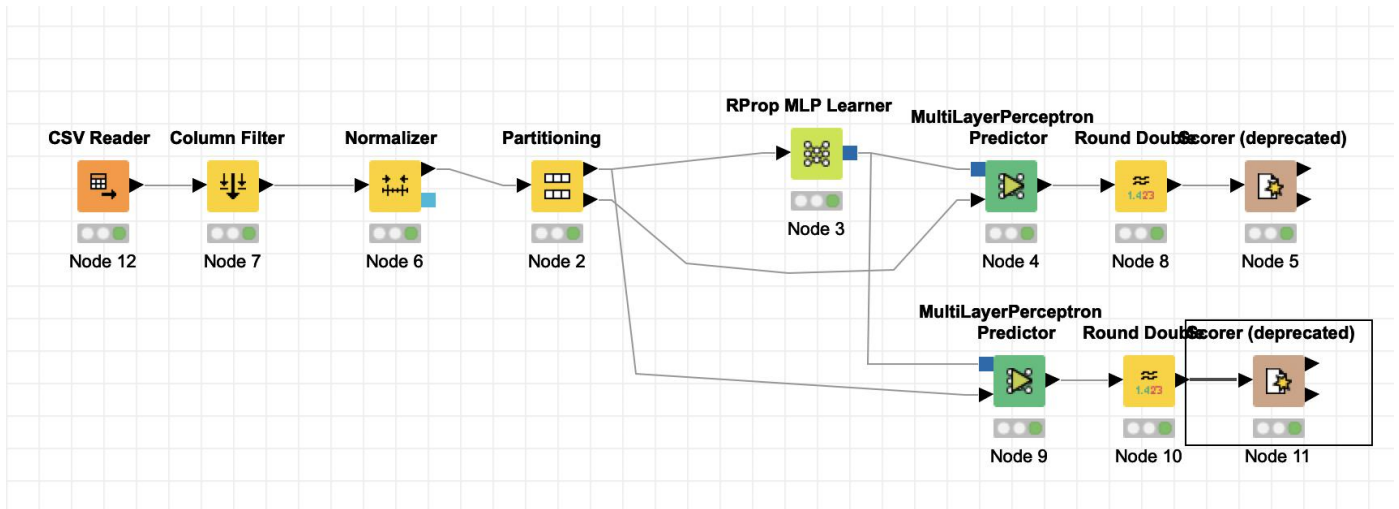


Figure 4. Block diagram designed in KNIME environment for feature selection

As a result of feature selection, the rank of each of the features was presented according to their importance in Figure 5. Therefore, the most appropriate features for the proposed hybrid

method were selected and histopathological images were classified.

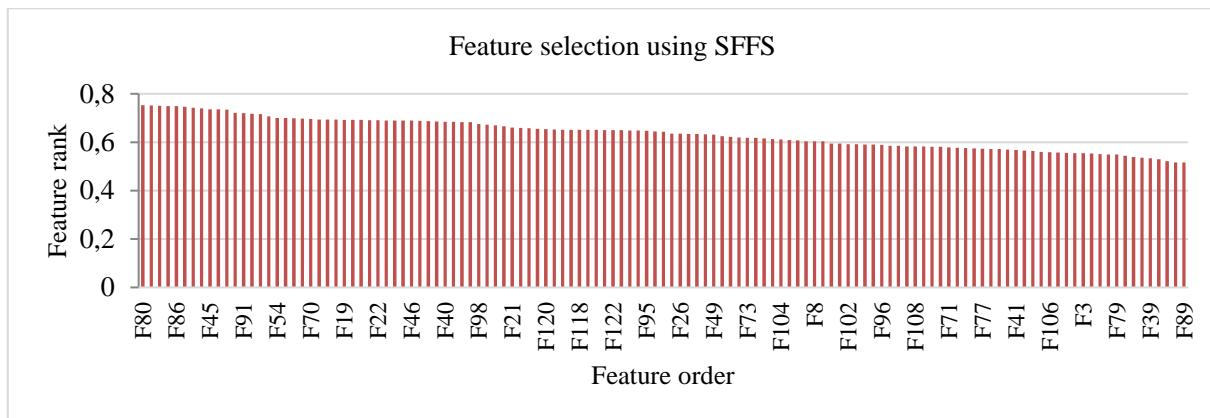


Figure 5. Ranking the features of importance

### 2.3. Classification

In the study, basal-like breast cancer classification based on feature fusion was performed by BoW and DNN methods, using textron features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images.

DNN is a different application of CNN architecture and is widely preferred in classification problems. DNN architecture also has similar features as 1D-CNN structure (Eren *et al.*, 2019). In DNN architecture, the convolution layer used in CNN architectures is generally not used. Instead of this, dense layer is preferred. In this study, the DNN architecture was designed in the Python programming language using TensorFlow environment for the classification of the extracted features on the histopathological images, which is shown in Figure 6. The “adam” function was preferred as the optimizer in the designed DNN architecture.

Another method used in the study to create hybrid architecture is BoW, known as bag of words. The BoW model is a frequently used model in classification problems, especially in natural processing. The structure of BoW is derived from natural language processing and Information retrieval (Zhang *et al.*, 2010). Today, BoW is widely used in the field of image processing. BoW represents an image as a set of features since

the features on the image consist of key points and descriptors. In BoW, classification is performed by extracting the frequency histogram of the features in an image (Ali *et al.*, 2015). Basically, BoW extracts the main feature of the images of the learned classes and converts them into a codebook to be used to compare the features of the images of the unknown classes to find the best class to represent the images of these unknown classes (Li *et al.*, 2010). The block diagram showing the structure of the BoW algorithm in a classification problem is presented in Figure 7.

```

model= Sequential();
model.add(Dense(64,input_dim=125))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(128))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(256))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(128))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(64))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dense(1))
model.add(Activation('sigmoid')) #k
    
```

Figure 6. DNN architecture designed for classification of features extracted from histopathological images

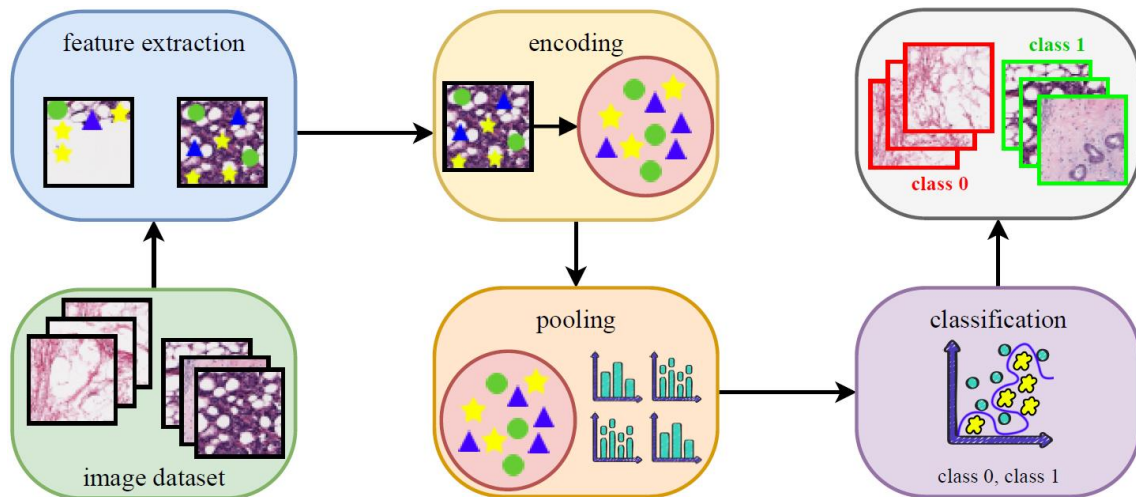


Figure 7. Block diagram showing the structure of the BoW model for the classification procedure

### 3. Experimental Analysis

In this study, many experimental studies were conducted to verify the performance of the proposed DNN and BoW-based hybrid method for the classification of breast cancer from histopathological images. Experimental analyzes were carried out by verifying the results and findings obtained as a result of experimental studies using measurement metrics. Experimental analyzes in this study were carried out using a desktop workstation computer with Asus Z390 motherboard, Intel Core i9-9900K 5 GHz processor, 32GB RAM memory, NVIDIA GeForce RTX 2080Ti GPU, 256GB SSD hardware.

In the experimental studies, approximately 10% of the images in the Breast Histopathology Images dataset, which were diagnosed as 198,738 IDC negative (class 0), 78,786 IDC positive (class 1), were selected to be used in the study. A total of 12,423 images were randomly selected with a balanced class distribution. The selected dataset was divided into two subgroups as 80% (9938 images) for the training set and 20% (2485 images) for the test set. Experimental studies were carried out on these training and test sets.

In the experimental studies, feature fusion was performed for textron features, network features, morphometric features and GLCM features extracted from histopathological images. Basal-like breast cancer classification was performed by a hybrid approach based on BoW and DNN methods. Experimental

studies were first performed using the BoW method. When the most appropriate features selected by SFFS among the features combined with feature fusion were classified using BoW, an average accuracy rate of 67% was achieved depending on the IDC negative (class 0) and IDC positive (class 1) classes. In the second phase of the experimental studies, only the DNN method was applied using the appropriate features selected from the combined features for the classification of breast cancer from histopathological images. For IDC negative (class 0) and IDC positive (class 1) classes, an average accuracy rate of 74.16% was achieved using the DNN method.

In order to achieve higher classification accuracy than the accuracy scores achieved by using DNN-only and BoW-only methods, a hybrid (hybrid) approach based on BoW and DNN methods was used to classify selected features. Some parameter values achieved for the training phase conducted using the BoW and DNN hybrid method after feature fusion and selection are shown in Figure 8. In addition, the board screen showing the changes in the accuracy and loss values of the proposed hybrid network during training is presented in Figure 9. As can be seen from both figures, the average accuracy score for the proposed hybrid network tends to fall above 90% and the average loss value tends to fall to 0.1. Therefore, it can be concluded that the training phase of the proposed network was successful.

Initializing input data normalization.

Epoch	Iteration	Time Elapsed (hh:mm:ss)	Mini-batch Accuracy	Mini-batch Loss	Base Learning Rate
1	1	00:00:03	53.12%	0.8468	0.0010
1	50	00:00:38	80.47%	0.3865	0.0010
2	100	00:01:12	83.59%	0.3263	0.0010
2	150	00:01:47	83.59%	0.4357	0.0010
3	200	00:02:23	86.72%	0.2370	0.0010
4	250	00:02:58	82.81%	0.3422	0.0010
4	300	00:03:34	92.19%	0.2024	0.0010
5	350	00:04:10	93.75%	0.1733	0.0010
6	400	00:04:45	96.09%	0.1378	0.0010
6	450	00:05:20	100.00%	0.0636	0.0010
7	500	00:05:56	90.62%	0.2104	0.0010
8	550	00:06:32	92.19%	0.1907	0.0010
8	600	00:07:07	96.88%	0.1052	0.0010
9	650	00:07:43	92.97%	0.1623	0.0010
9	700	00:08:18	92.97%	0.1823	0.0010
10	750	00:08:54	90.62%	0.2007	0.0010
10	780	00:09:15	96.09%	0.1006	0.0010

Figure 8. Some parameter values achieved for the training phase conducted using the BoW and DNN hybrid method



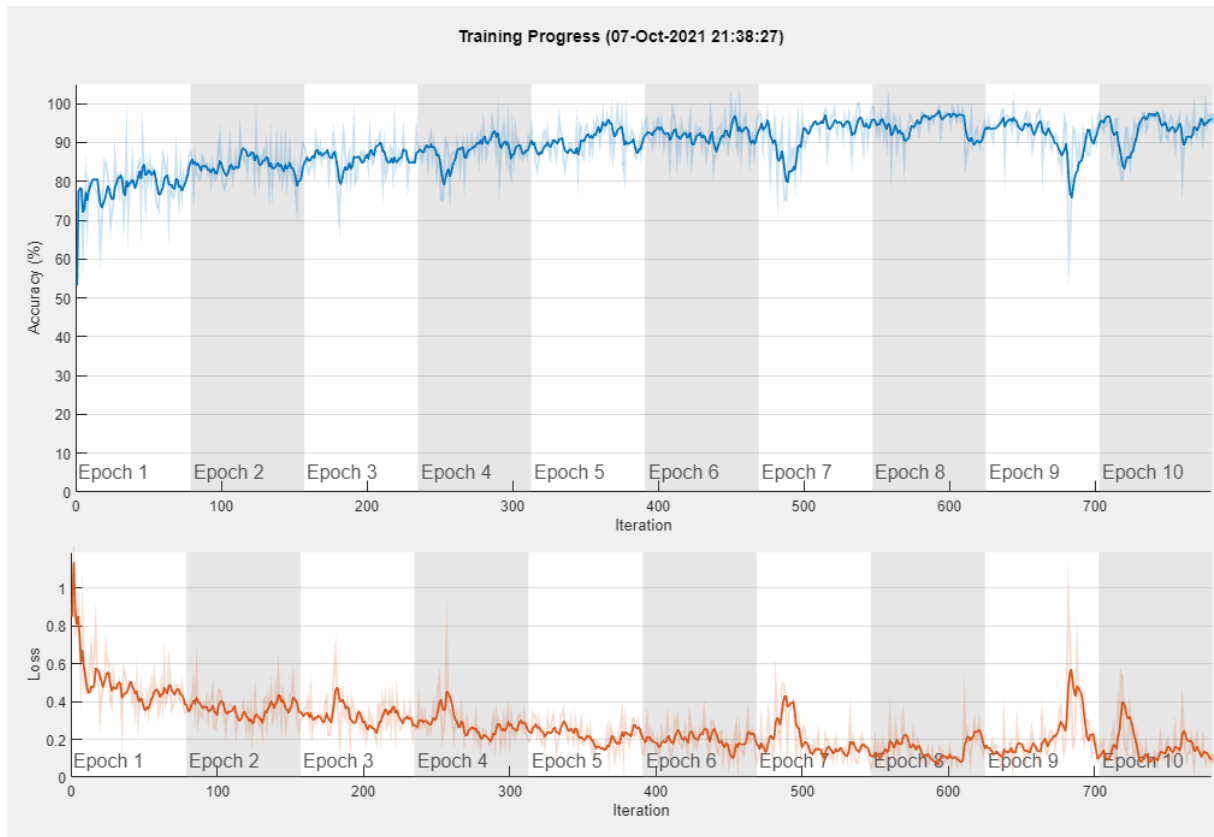


Figure 9. Board screen showing the changes in the accuracy and Loss values of the proposed hybrid network during training

The confusion matrices showing the classification results obtained on the training and test sets using the proposed hybrid method after the training phase is completed are shown in Table 2 and Table 3, respectively. As can be seen from these confusion matrices, 94.5% classification accuracy was achieved with the training dataset, while 80.8% classification accuracy was succeed with the test set.

Table 2. The confusion matrix showing the classification results obtained on the training set by the proposed hybrid method

Train Accuracy Confusion Matrix				
Output Class	Class 0	7359	486	93.8% 6.2%
	Class 1	63	2152	97.2% 2.8%
Accuracy		99.2%	81.6%	94.5%
Error		0.8%	18.4%	5.5%
		Class 0	Class 1	
		Target Class		

Table 3. The complexity matrix showing the classification results obtained on the test set by the proposed hybrid method

Test Accuracy Confusion Matrix				
Output Class	Class 0	1684	313	84.3% 15.7%
	Class 1	171	347	67.0% 33.0%
Accuracy		90.8%	52.6%	80.8%
Error		9.2%	47.4%	19.2%
		Class 0	Class 1	
		Target Class		

#### 4. Conclusion

The diagnosis of diseases in medical scans has some drawbacks as manual selection of the region of interest by experts, being open to human error, mostly being subjective/depending on experience, and causing unnecessary waste of time. In order to eliminate these problems, especially in recent years, the use of computer-aided secondary tools that help physicians in the decision-making process based on medical images for the diagnosis of many diseases, especially cancer has increased significantly. In this study, a hybrid method based on BoW and DNN methods is proposed to study the development



of basal-like breast tumors and classify basal-like breast cancer types using histopathological images. In the study, first of all, useful texture features, network features, morphometric features and GLCM features that support accurate classification between tumor and non-tumor regions were extracted. Then after feature fusion was applied, the most appropriate features among all features were selected using SFFS. In the experimental studies performed using the proposed hybrid method based on the BoW and DNN methods, 94.5% classification accuracy was achieved for the training dataset, while 80.8% classification accuracy score was obtained for the test set. The proposed method is presented with a secondary tool structure as a computer aided decision support system that can assist physicians in the classification of breast cancer. In future studies, it is planned to create a original dataset from histopathological images for the classification of breast cancer and to achieve a high accuracy score in the studies to be performed on this dataset.

#### 4. Acknowledgements

This study was supported by Scientific Research Projects Department of Bilecik Seyh Edebali University with the project numbered 2019-01.BŞEÜ.25-02. The team would like to thank Scientific Research Projects Department of Bilecik Seyh Edebali University for their contributions. We also thank to providers of publicly-available datasets.

#### References

- Abdel-Zaher, A. M., & Eldeib, A. M. (2016). Breast cancer classification using deep belief networks. *Expert Systems with Applications*, 46, 139-144.
- ACS(The American Cancer Society). (2021). How Common Is Breast Cancer? Available: <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/about/how-common-is-breast-cancer.html>
- Ali, N. M., Karis, M. S., Abidin, A. F. Z., Bakri, B., Shair, E. F., & Razif, N. R. A. (2015). Traffic sign detection and recognition: Review and analysis. *Jurnal Teknologi*, 77(20).
- Andrade, D. V., & de Figueiredo, L. H. (2001). *Good approximations for the relative neighbourhood graph*. Paper presented at the CCCG.
- Azar, A. T., & El-Said, S. A. (2013). Probabilistic neural network for breast cancer classification. *Neural Computing and Applications*, 23(6), 1737-1751.
- Badowska-Kozakiewicz, A. M., & Budzik, M. P. (2016). Immunohistochemical characteristics of basal-like breast cancer. *Contemporary Oncology*, 20(6), 436.
- Badve, S., et al. (2011). Basal-like and triple-negative breast cancers: a critical review with an emphasis on the implications for pathologists and oncologists. *Modern Pathology*, 24(2), 157-167.
- Bloom, H., & Richardson, W. (1957). Histological grading and prognosis in breast cancer: a study of 1409 cases of which 359 have been followed for 15 years. *British journal of cancer*, 11(3), 359.
- Budak, Ü., Cömert, Z., Rashid, Z. N., Şengür, A., & Çıbuk, M. (2019). Computer-aided diagnosis system combining FCN and Bi-LSTM model for efficient breast cancer detection from histopathological images. *Applied Soft Computing*, 85, 105765.
- Chekkoury, A., et al. (2012). *Automated malignancy detection in breast histopathological images*. Paper presented at the Medical Imaging 2012: Computer-Aided Diagnosis.
- Clausi, D. A. (2002). An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization. *Canadian Journal of remote sensing*, 28(1), 45-62.
- Cruz-Roa, A., et al. (2014). *Automatic detection of invasive ductal carcinoma in whole slide images with convolutional neural networks*. Paper presented at the Medical Imaging 2014: Digital Pathology.
- Çevik, K. K., Dandil, E., Uzun, S., Yildirim, M. S., & Selvi, A. O. (2021). 12 Detection of breast cancer using deep neural networks with transfer learning on histopathological images *Artificial Intelligence for Data-Driven Medical Diagnosis* (pp. 245-264): De Gruyter.
- Dai, X., Li, T., Bai, Z., Yang, Y., Liu, X., Zhan, J., & Shi, B. (2015). Breast cancer intrinsic subtype classification, clinical use and future trends. *American journal of cancer research*, 5(10), 2929.
- Dandil, E., & Serin, Z. (2020). Derin Sinir Ağları Kullanarak Histopatolojik Görüntülerde Meme Kanseri Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 451-463.
- Eren, L., Ince, T., & Kiranyaz, S. (2019). A generic intelligent bearing fault diagnosis system using compact adaptive 1D CNN classifier. *Journal of Signal Processing Systems*, 91(2), 179-189.
- Han, Z., Wei, B., Zheng, Y., Yin, Y., Li, K., & Li, S. (2017). Breast cancer multi-classification from histopathological images with structured deep learning model. *Scientific Reports*, 7(1), 1-10.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*(6), 610-621.
- Ibrahim, F., Thio, T. H. G., Faisal, T., & Neuman, M. (2015). The application of biomedical engineering techniques to the diagnosis and management of tropical diseases: a review. *Sensors*, 15(3), 6947-6995.
- Janowczyk, A., & Madabhushi, A. (2016). Deep learning for digital pathology image analysis: A comprehensive tutorial with selected use cases. *Journal of pathology informatics*, 7.
- Jones, C. E., Maben, J., Lucas, G., Davies, E. A., Jack, R. H., & Ream, E. (2015). Barriers to early diagnosis of symptomatic breast cancer: a qualitative study of Black African, Black Caribbean and White British women living in the UK. *BMJ open*, 5(3).
- Khameneh, F. D., Razavi, S., & Kamasak, M. (2019). Automated segmentation of cell membranes to evaluate HER2 status in whole slide images using a modified deep learning network. *Computers in biology and medicine*, 110, 164-174.
- Khurd, P., Bahlmann, C., Maday, P., Kamen, A., Gibbs-Strauss, S., Genega, E. M., & Frangioni, J. V. (2010). *Computer-aided Gleason grading of prostate cancer histopathological images using texture forests*. Paper presented at the 2010 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro.
- KNIME. Available: <https://www.knime.com/>
- Kumar, A., et al. (2020). Deep feature learning for histopathological image classification of canine

- mammary tumors and human breast cancer. *Information Sciences*, 508, 405-421.
- Li, T., Mei, T., Kweon, I.-S., & Hua, X.-S. (2010). Contextual bag-of-words for visual categorization. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 21(4), 381-392.
- Mikhaylov, V., & Bakhshiev, A. (2017). The system for histopathology images analysis of spinal cord slices. *Procedia Computer Science*, 103(C), 239-243.
- Mohammed, M. A., Al-Khateeb, B., Rashid, A. N., Ibrahim, D. A., Abd Ghani, M. K., & Mostafa, S. A. (2018). Neural network and multi-fractal dimension features for breast cancer classification from ultrasound images. *Computers & Electrical Engineering*, 70, 871-882.
- Nahid, A.-A., Mehrabi, M. A., & Kong, Y. (2018). Histopathological breast cancer image classification by deep neural network techniques guided by local clustering. *BioMed research international*, 2018.
- Öztürk, Ş., & Akdemir, B. (2018). Application of feature extraction and classification methods for histopathological image using GLCM, LBP, LBGLCM, GLRLM and SFTA. *Procedia Computer Science*, 132, 40-46.
- Öztürk, Ş., & Akdemir, B. (2019). HIC-net: A deep convolutional neural network model for classification of histopathological breast images. *Computers & Electrical Engineering*, 76, 299-310.
- Pudil, P., Novovičová, J., & Kittler, J. (1994). Floating search methods in feature selection. *Pattern Recognition Letters*, 15(11), 1119-1125.
- Sertel, O., Lozanski, G., Shana'ah, A., & Gurcan, M. N. (2010). Computer-aided detection of centroblasts for follicular lymphoma grading using adaptive likelihood-based cell segmentation. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 57(10), 2613-2616.
- Sudharshan, P., Petitjean, C., Spanhol, F., Oliveira, L. E., Heutte, L., & Honeine, P. (2019). Multiple instance learning for histopathological breast cancer image classification. *Expert Systems with Applications*, 117, 103-111.
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, 2021(0), 0-41. doi:<https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Wang, D., Khosla, A., Gargeya, R., Irshad, H., & Beck, A. H. (2016). Deep learning for identifying metastatic breast cancer. *arXiv preprint arXiv:1606.05718*.
- Yan, R., et al. (2020). Breast cancer histopathological image classification using a hybrid deep neural network. *Methods*, 173, 52-60.
- Zewdie, E. T., Tessema, A. W., & Simegn, G. L. (2021). Classification of breast cancer types, sub-types and grade from histopathological images using deep learning technique. *Health and Technology*, 1-14.
- Zhang, Y., Jin, R., & Zhou, Z.-H. (2010). Understanding bag-of-words model: a statistical framework. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 1(1-4), 43-52.



## Yenilenebilir Enerjide Teknoloji Analizi

Yunus Emre Özdemir<sup>1\*</sup>, Metin Yavuz<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0379-5278), yunusemreozdemir@hotmail.com

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1262-9135), myavuz@omu.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1023124)

**ATIF/REFERENCE:** Özdemir, Y. E. & Yavuz, M. (2021). Yenilenebilir Enerjide Teknoloji Kapsam Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 138-143.

### Öz

Patentler; yeni yatırımlar, araştırmalar ve ticari kararlar almada dinamik araç olarak kullanılma imkanına sahiptir. Teknoloji analizleri nitel ve nicel yaklaşımlarla teknolojiyi analiz etmek olarak geçmektedir. Bu çalışmada, Orbit yazılımları kullanılarak yenilenebilir enerjide Dünya-Türkiye karşılaştırmalı nicel Teknoloji Analizi yapılmıştır. Bu analiz ile patent aktivitesi, başvuru ve patent sahipleri, pazar büyüklükleri, anahtar kelime kullanarak teknoloji alanlarının tespiti ve bilimsel etkinliklerin analizi gibi veriler incelenmiş ve sunulmuştur. Çin'in yenilenebilir enerji alanındaki patent sayılarında bariz bir şekilde üstün olduğu hatta bu alanda kendisini takip eden 5 ülkenin toplamından daha fazla patent ürettiği görülmektedir. Dünya'da yenilenebilir enerji alanındaki teknolojilerde ana uygulama alanları elektrik makineleri, aparatlar, enerji, motorlar, pompalar, türbinler ve ısı işlemler ve aparatlar şeklinde sıralanırken, Türkiye'de ise motorlar, pompalar, türbinler, elektrik makinaları, aparatlar, enerji şeklinde sıralanmaktadır. Kullanılan yazılım ile yapılan "Renewable Energy" aramasında yenilenebilir enerji alanındaki buluşların, akademik çalışmaların durumunun ne olduğu, teknolojilerin nerelere yoğunlaştığı ve hangi yeni teknolojinin hangi alanlara yöneldiği analiz edilmiştir. Bu analizler ile Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanında yatırım doygunluğuna ulaşmamış olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir enerji, Yeşil enerji, Yenilenebilir kaynaklar, Rüzgâr enerjisi, Yenilenebilir elektrik, Biyokütle enerjisi, Güneş paneli, Güneş enerjisi, Rüzgâr türbini, Hidroelektrik santral, Yenilenebilir enerji.

## Tecnology Analysis in Renewable Energy

### Abstract

Patents; It has the opportunity to be used as a dynamic tool in making new investments, research and commercial decisions. Technology analyzes are referred to as analyzing technology with qualitative and quantitative approaches. In this study, World-Turkey comparative quantitative Technology Analysis in renewable energy was performed using Orbit software. With this analysis, data such as patent activity, applicants and patent holders, market sizes, identification of technology areas using keywords and analysis of scientific activities were examined and presented. It is seen that China is clearly superior in the number of patents in the field of renewable energy, and even produces more patents in this field than the sum of the 5 countries that follow it. While the main application areas in renewable energy technologies in the world are electric machines, apparatus, energy, motors, pumps, turbines and heat treatments and apparatus, in Turkey, motors, pumps, turbines, electrical machines, apparatuses, energy are listed as. In the search for "Renewable Energy" with the software used, it was analyzed what the innovations in the field of renewable energy, the status of academic studies, where the technologies are concentrated and which new technologies are directed to which areas. With these analyzes, it has been seen that Turkey has not reached investment saturation in the field of renewable energy.

**Keywords:** Sustainable energy, Green energy, Renewable source, Wind energy, Renewable electricity, Biomass energy, Solar cell, Solar energy, Wind turbine, Hydroelectric power plant, Geothermal energy, Technology landscape analysis, Renewable energy.

\* Sorumlu Yazar: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0379-5278), [yunusemreozdemir@hotmail.com](mailto:yunusemreozdemir@hotmail.com)

## 1. Giriş

Bilgi-ekonomisinin temelini inovasyon oluşturmaktadır. İnovasyon ise genellikle patent/faydalı model olarak korunmaktadır. Patentler bilimsel bilgileri barındırdığından, bu alandaki çalışmaların en önemli göstergelerinden bir tanesidir. Patentler nitel veya nicel ticari faaliyetlerin oluşumunu, etki alanını, gideceği yeni alanları bize gösterir.

Teknoloji kimi zaman ihtiyaçları yönlendiren bunu toplumda ihtiyaç oluşturan bir derleme, ürün, bilimsel çalışmalar iken kimi zaman da ihtiyaçlar doğrultusunda oluşan toplumsal değişimin öncüsüdür. Bundan dolayı teknoloji anlamak, gelişimini yönünü tahmin etmek, buna bağlı olarak rekabet gücünü en üstün tutmak için bazı analiz yöntemleri mevcuttur. Teknoloji analizleri ("Technology Landscape", "Patent Trend Analizi" gibi isimleri olmakla beraber bu çalışmada Teknoloji Analizi olarak bahsedilecektir) birçok farklı metot ile yapılabilmektedir. Teknoloji öngörüsü; Delphi, TRIZ, zaman serileri, trend analizleri, simülasyon modelleri, bilimsel literatür analizleri, regresyon analizleri ve istatistik gibi nitel ve nicel metodolojilerle yapılabilmektedir (Jun, S. 2015; Hua, Yang, & Coulibaly, 2006; Rowe & Wright, 2001; Liimatainen, vd. 2014; Woudenbergh, 1991; Liang, Tan, & Ma, 2008; Mitchell, 1992; Kabataş & Akgün, 2020).

Teknoloji analizi için çoğu nitel yöntem uzmanların hedef teknoloji hakkındaki bilgisine dayanmaktadır. Bunlar, alan uzmanlarının çeşitli deneyimlerinden getirildikleri için öznel olabilir. Dolayısıyla niteliksel yaklaşımların performansı teknoloji uzmanı tarafından dalgalanabilir. Teknoloji analizinin diğer bir yaklaşımını nicel metodolojiye dayanmaktadır. Bunlar kümeleme, Bayesian ve regresyon gibi istatistiksel analiz yöntemlerini dikkate almaktadır (Jun & Lee, 2013; Jun & Park, 2012).

Ayrıca, nitel metodolojide uzman bilgisi yerine teknoloji analizi için patent belgeleri kullanılmaktadır. Büyük veri tekniklerinin gelişmesiyle birlikte nicel teknoloji analizi ile ilgili araştırmalar son yıllarda hızla artmaktadır (Jun, 2015).

Patentler ticari açıdan o kadar önemli hale gelmiştir ki şirketler ve ülkeler için bu alanlardaki gelişmeleri takip edebilmek için ticari yazılımlar da geliştirilmektedir. Bu ticari yazılımlar nitel analiz yaparak gelişmeleri istatistiksel metotlar ve grafiklerle sunarak öngöründe bulunabilmekte, yönlendirme açısından adeta karar destek sistemi olarak çalışabilmekte ve mevcut durumu analiz edebilmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

Teknoloji Analizi, Orbit Innovation yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Bu program ile patent aktivitesi, başvuru ve patent sahipleri, pazar büyüklükleri, anahtar kelime kullanarak teknoloji alanlarının tespiti, bilimsel etkinliklerin analizi gibi verilere erişilebilmektedir. Bu veriler aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Patent aktivitesi ile; yenilenebilir enerji alanındaki teknolojilerde patentlere bağlı trend durumu sorgulanabilmektedir. Bu kısımda, son 20 yılda başvuru patent ve faydalı modeller analiz edilerek oluşturulmuş veriler kullanılmıştır. Burada yıllara göre ülkelerin aldıkları patentleri gösteren grafikler ile hangi ülkelerin öne çıktığını gösteren

şemalar yer almaktadır.

Bu bilgiler ile sektördeki yatırımların devam edip etmediği ve hangi ülkelerin bu alanda daha aktif çalıştığı bilgilerine erişim sağlanabilmektedir.

Başvuru ve patent sahipleri verisi ile; bu alandaki yapılan başvuru sayılarına göre başvuru sahiplerini grafik olarak gösterebilmektedir.

Pazar büyüklüklerini gösteren veriler ile; bu alanda çalışan firmalar ve ekipler tarafından üretilen harcama hacmi, pazarın yoğunluğunun ve doyunluğunun bir ölçüsü görülebilmektedir.

Anahtar kelime kullanılarak teknoloji alanlarının tespitinden elde edilen veriler ile; yenilenebilir enerji alanındaki patentlerde bulunan en yaygın anahtar kelimeleri analiz ederek, en ana akım teknolojiler görülebilmektedir. Buradaki etiketler, patentlerin tam metinlerindeki en yaygın 10 kavramın çıkarılması ile hesaplanmaktadır. Patent istemlerinde yer alıyorsa belirli kavramlara daha güçlü bir ağırlık verilmektedir.

Bilimsel etkinlik verileri ile; makaleler içerisinde yenilenebilir enerjinin hangi bilimsel alanlarda kullanıldığını göstermektedir. Burada, makalenin yayınlandığı yer makalenin kaynağını gösteremediği için ülke bazlı veri yerine tüm Dünya'yı gösteren veriler yer almaktadır.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Yenilenebilir Enerjide Teknoloji Analizi

Günümüzde sıkça karşımıza çıkan yenilenebilir enerji kavramı enerjinin fosil kaynaklar yerine doğal kaynaklardan elde edilmesi ile ortaya çıkmıştır.

Enerji kaynakları yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji olarak kullanışlarına göre ayrılmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları fosil kaynaklardır. Bu kaynaklar petrol, kömür, doğalgaz gibi kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise, tükenmeyen ve kullanıldıkça da eksilmeyen kaynaklardır. Bu kaynaklar hidrolik enerji, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi ve jeotermal enerji kaynaklarıdır (Kaya & Koç, 2015).

Günümüzde çok fazla kullanılan yenilenemeyen enerji kaynakları günden güne azalmakta ve gelecekte de hem doğaya verdiği zararlar hem de tükenmesi nedeniyle kullanılamayacaktır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi günden güne artmaktadır.

Bu önem artmasını günümüzde de oldukça görüyoruz. Ulusal ve uluslararası oldukça fazla firma ve üniversite bu alanda araştırmalar ve geliştirmeler yapmakta ve bu alandaki çalışmalara katkı sağlamaktadır.

Yenilenebilir enerji alanındaki çalışmalar ve yatırımlar; artan enerji ihtiyacı, teknolojiye yeni gelişmeler, fosil enerji türlerinin çevreye olumsuz zararları nedeniyle artmaktadır. Bu konuda teknoloji analizi yapmak hem teknolojiyi yakından takip etmek hem de yapılacak çalışmalara yol gösterici olup çalışılan alanın doğru tespiti ile gerekli alanlara yatırım yapmayı kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerjinin Dünya'da ve Türkiye'de patent başvuruları, araştırmalar bazında nereye yöneldiği analiz edilmiştir. Gerekli yerlerde karşılaştırmalı olarak verilen bu analizler aynı zamanda hangi alanlarda daha çok



buluşlar getirdiğini de göstermektedir. Bu alana yatırım yapacaklar için aynı zamanda adeta bir yol haritası da oluşturmaktadır.

Popüler araştırmalara baktığımızda, bilim ve teknoloji patentlerinde yer alan bilgilerin yaklaşık %80'inin başka bir yerde yayınlanmadığını göstermektedir. Yayınlanan patentlere bakıldığında bu bilgilerin halkın incelemesi amacıyla başvuru dokümanlarında yayınlandığını görüyoruz. Bu bilgilerin direkt kullanması da mümkün olabilmekte ancak verilerin topluca incelenip analiz edilerek karar vermede kullanılabilir şekilde sunulacak çıktı olarak kullanıma sunulabilir (Aggarwal & Chandra, 2021).

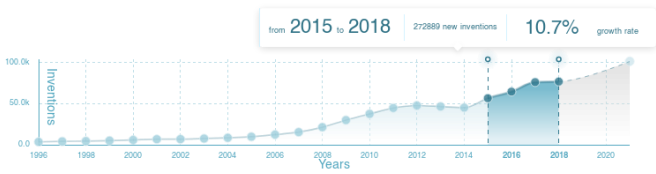
Çalışmamızda, Orbit yazılımları kullanılarak yapılan "Renewable Energy" aramasında yenilenebilir enerji alanındaki buluşların, akademik çalışmaların vb. çalışmaların durumunun ne olduğu, teknolojilerin nerelere yoğunlaştığı ve hangi yeni teknolojinin hangi alanlara yöneldiği analiz edilmiştir. Alt arama başlıkları olarak ise sustainable energy (sürdürülebilir enerji), green energy (yeşil enerji), renewable source (yenilenebilir kaynaklar), wind energy (rüzgar enerjisi), renewable electricity (yenilenebilir elektrik), biomass energy (biyokütle enerjisi), solar cell (güneş paneli), solar energy (güneş enerjisi), wind turbine (rüzgar türbini), hydroelectric power plant (hidroelektrik santral), geothermal energy (jeotermal enerji) girilerek spesifikleştirilerek sonuca daha doğru verilerle ulaşılmak istenmiştir.

Teknoloji analizi yapılırken son 2 yıllık patent başvuruları tescil edilmemiş olabileceğinden bu veriler genellikle göz önünde bulundurulmadan tahmin yapılmaktadır.

## a. Patent Aktivitesi

### i. Dünya'daki Patentler

Dünya'da yenilenebilir enerji alanındaki patent sayılarında hemen hemen her geçen yıl artış olduğu Şekil 1'de görülmektedir. Grafikte de görüldüğü üzere 2015-2018 yıllarına baktığımızda %10 civarı bir artış ile Dünya'daki başvuruların günümüzde de giderek arttığı görülmektedir.

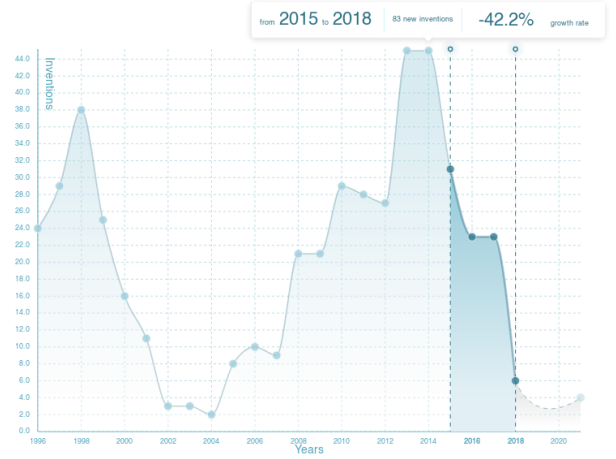


Şekil 1 Dünya'daki Yenilenebilir Enerji Alanındaki Yıllara Göre Patent Sayıları  
Kaynak: Orbit Innovation

### ii. Türkiye'deki Patentler

Türkiye'de yenilenebilir enerji alanındaki patent sayıları incelendiğinde, Şekil 2'de görüldüğü üzere patent sayılarının az olması nedeniyle net bir artış ya da azalıştan söz etmek mümkün değildir. Bu nedenle, az sayıdaki patent değişimin büyük dalgalanmalara neden olduğu grafikten görülmektedir. Burada da 2015-2018 arasındaki veriler incelendiğinde %42'lik bir düşüş görülmektedir. Böylece, Türkiye'deki patent sayılarını Dünya'daki sayılarla karşılaştığımızda, Dünya'nın oldukça gerisinde olduğunu ve bu alana ağırlık vermesi gerektiği

sonucunu çıkarabiliriz.



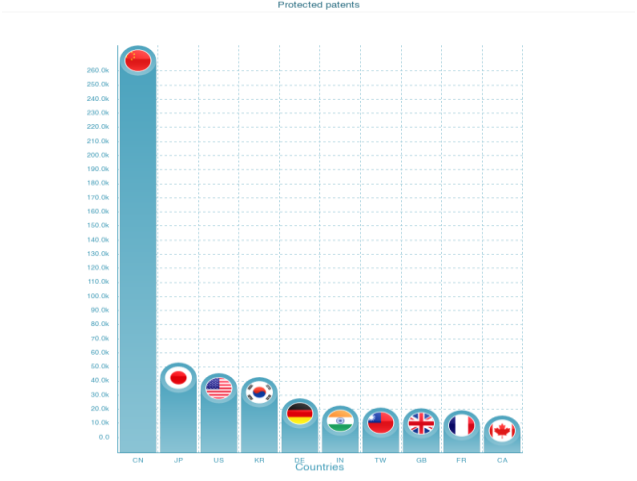
Şekil 2 Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Alanındaki Patent Sayıları  
Kaynak: Orbit Innovation

Grafığe bakıldığında; 1998 yılından sonra 2002-2004 arasındaki patent sayılarındaki azalma dramatik seviyelere ulaştıktan sonra 2004 yılından itibaren tekrar patent sayılarında artış olduğu görülmektedir. Bu dönemde yüksek öğretim ve kamunun Ar-Ge harcamalarında kayda değer bir azalma olmadığı bilakis bu harcamaların arttığı görülürken özel sektör Ar-Ge harcamalarında bir miktar azalma görülmektedir (Tubitak Ar-Ge Harcamaları, 2021; Tunç, H. 2008). Özel sektördeki bu azalma 2001 krizi ile bağlantılı olabilir. Özel sektördeki bu azalma 2003 yılı itibarıyla son bulmuş ve bu durum da grafikte görülen Türkiye'de yenilenebilir enerji alanındaki patent sayılarıyla paralellik göstermektedir. Yüksek öğretim ve kamu kurumlarındaki Ar-Ge harcamalarının artması ise yenilenebilir enerji alanında patent çıktısı olarak yansımadağı şeklinde de yorumlanabilir.

2008 Küresel ekonomik krizinin ise hem Türkiye hem de Dünya'daki yenilenebilir enerji alanındaki patent sayılarına direkt bir etkisi görülmemektedir.

### b. Coğrafi Durum

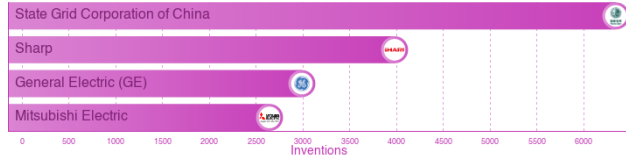
Grafik, son 10 yıl içerisinde ülkelere göre korunan patentlerin hacmini göstermektedir. Şekil 3'te, yenilenebilir enerji alanında Çin'in bariz bir üstünlüğü görülmektedir. Çin'in kendisini takip eden 5 ülke kadar patent üretmiştir. Çin'i patent sayılarında Japonya ve ABD takip etmektedir. Çin'in bu patent sayılarına yenilenebilir enerjinin yayılmasını teşvik etmek için 2006 yılında çıkardığı "Yenilenebilir Enerji Kanunu" ile başlattığı yatırım seferberliği sürecinin sonunda ulaştığı söylenebilir. Çin, bu modeli Almanya'dan almıştır ve daha ileri bir seviyeye taşımıştır. Çin'in yenilenebilir enerji modeli içerisindeki; tarife garantisi sistemi, enerji portfolyo sistemi, finansal sübvansiyonlar, vergi teşvikleri, kota uygulamaları ve yeşil sertifika sistemi ile ülkenin yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi önemli ölçüde artırılmıştır. 2018 yılı verilerine göre Çin'in toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi içerisinde rüzgâr ve güneş enerjisinin oranı %49,8 oranındadır. Bu orandan Çin'in modern yenilenebilir enerji yatırımları alanında ne kadar ileri gittiği açık bir şekilde görülmektedir (Kaya & Bayraktar, 2019).



Şekil 3 Ülkelere Göre Korunan Patent Sayıları  
Kaynak: Orbit Innovation

### c. Fikri Haklar Alanındaki Başvuru Sahipleri

Bu konuda Dünya'daki oyunculara baktığımızda aşağıdaki grafik oraya çıkmaktadır. Şekil 4'teki grafikte 6340 icattan oluşan portföyü ile yenilenebilir enerji alanındaki ana oyuncu State Grid Corporation of China (SGCC)'dir. Diğer 3 ana oyuncuyla birlikte ilk 100'ün %13.05'ini temsil etmektedir.

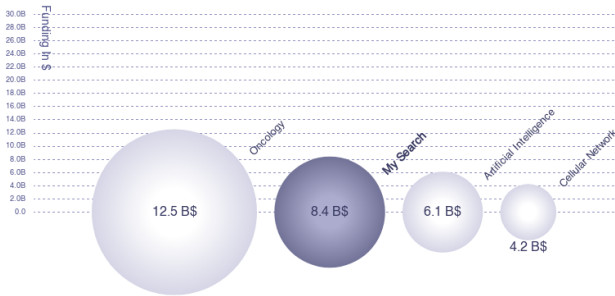


Şekil 4 Fikri Haklar Alanındaki Başvuru Sahipleri  
Kaynak: Orbit Innovation

### d. Pazar

#### i. Dünya'daki Yenilenebilir Enerji Harcama Hacmi

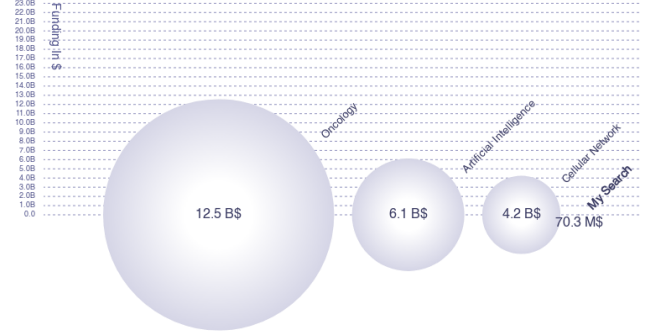
Şekil 5'te Dünya'daki yenilenebilir enerji harcamaları grafiği görülmektedir. Dünya'daki Yapay Zeka buluşlarının üretim hacmi 6.1 milyar dolar seviyesindeyken Yenilenebilir Enerji 8.4 milyar dolar seviyelerindedir.



Şekil 5 Dünya'daki Yenilenebilir Enerji Harcama Hacmi  
Kaynak: Orbit Innovation

#### ii. Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Harcama Hacmi

Şekil 6'da ise Türkiye'deki yenilenebilir enerji harcama hacmi görülmektedir. Yine aynı şekilde burada Dünya'daki Yapay Zeka buluşlarının üretim hacmi 6.1 milyar dolar seviyesindeyken Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji 70.3 milyon dolar seviyelerindedir. Şekil 5 ve Şekil 6 karşılaştırıldığında ise Türkiye'nin Pazar payının ne kadar az olduğu görülmektedir.

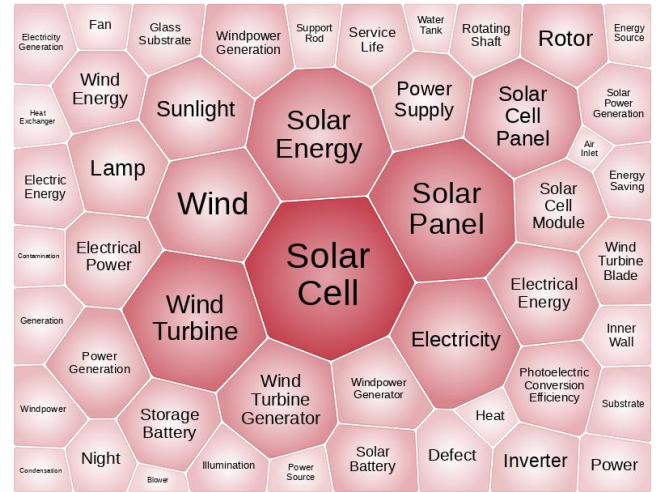


Şekil 6 Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Harcama Hacmi  
Kaynak: Orbit Innovation

### e. Anahtar Kelime Analizi

#### i. Dünya'daki Patentlerin Anahtar Kelime Analizi

Şekil 7'deki grafikten de görüleceği üzere dünyada en fazla yoğunlaşma yenilenebilir enerji alanındaki patentlerde yenilenebilir enerji kelime öbeğinde olmaktadır. İkinci olarak solar panel üçüncü olarak solar enerji şeklinde devam etmektedir. Aşağıdaki tabloda da bazılarının sayıları yer almaktadır.

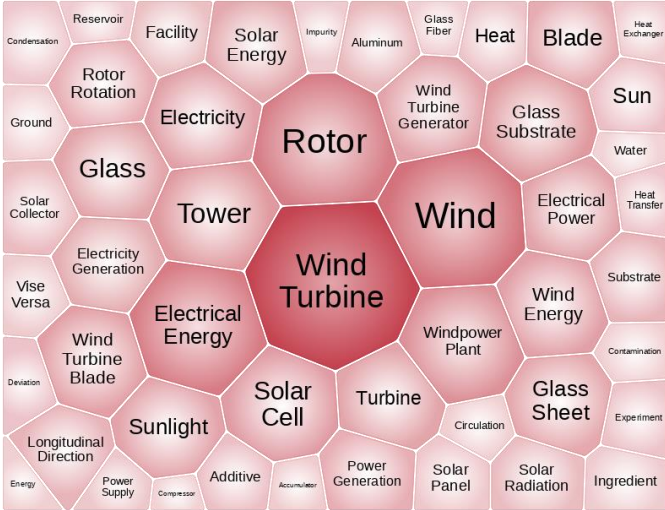


Şekil 7 Dünya'daki Patentlerin Anahtar Kelime Analizi  
Kaynak: Orbit Innovation

#### ii. Türkiye'deki Patentlerin Anahtar Kelime Analizi

Şekil 8'deki grafikten görüleceği üzere ise Türkiye'de en fazla yoğunlaşma yenilenebilir enerji alanındaki patentlerde rüzgar türbini kelime öbeğinde olmaktadır. İkinci olarak solar cell üçüncü olarak water şeklinde devam etmektedir. Aşağıdaki

tabloda da bazılarının sayıları yer almaktadır.

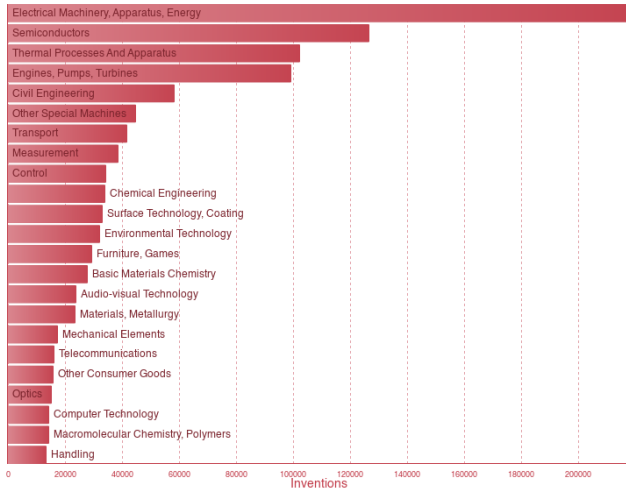


Şekil 8 Türkiye'deki Patentlerin Anahtar Kelime Analizi  
Kaynak: Orbit Innovation

## f. Teknoloji Alanları

### i. Dünya'daki Ana Teknoloji Alanları

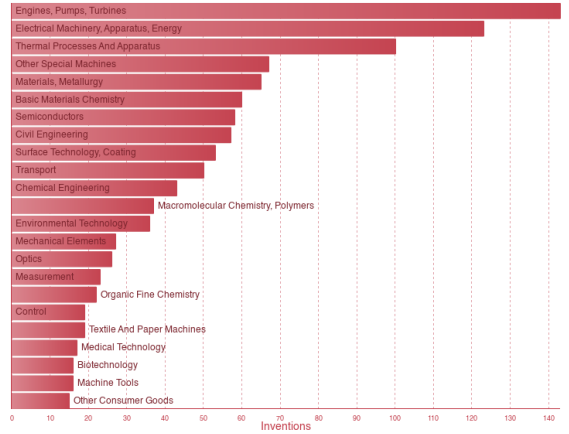
Yenilenebilir enerji alanındaki teknolojinin Dünya'daki ana uygulamaları Elektrik Makinaları, Aparatlar, Enerji, Motorlar, Pompalar, Türbinler ve Isıl İşlemler ve Aparatlarıdır.



Şekil 9 Dünya'daki Ana Teknoloji Alanları  
Kaynak: Orbit Innovation

### ii. Türkiye'deki Ana Teknoloji Alanları

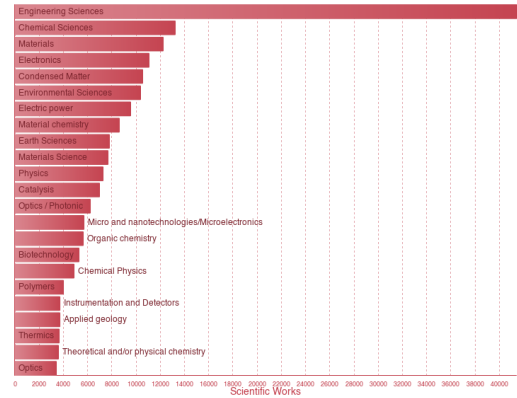
Yenilenebilir Enerji alanındaki teknoloji Türkiye'nin ana uygulamaları ise Şekil 10'daki grafikte görülmektedir. Motorlar, Pompalar, Türbinler, Elektrik Makinaları, Aparatlar, Enerji şeklinde devam etmektedir.



Şekil 10 Türkiye'deki Ana Teknoloji Alanları  
Kaynak: Orbit Innovation

## g. Bilimsel Etkinlik

Şekil 11'deki grafikte görüldüğü üzere bilimsel çalışmalarındaki Yenilenebilir Enerji ile ilgili en çok Mühendislik alanında çalışmalar yapılmışken onu Kimya Bilimi, Malzeme, Elektronik takip etmektedir.



Şekil 11 Bütün Bilimsel Çalışmalarda Bilimsel Alanlar  
Kaynak: Orbit Innovation

## 4. Sonuç

Günümüzde hangi alanda yatırım yapılacağı ve bu trendin nereye meylettiğini tahmin edebilmek bu çalışmaları yapmak kadar önemli olmaktadır. Çünkü, teknoloji bir tarafa giderken enerjiyi yanlış alanlara harcamak zaman ve para kaybına neden olabilmektedir.

Türkiye güneş, rüzgar, dalga, jeotermal, hidroelektrik enerjileri konusunda oldukça zengin bir ülkedir. Patent sayılarına baktığımızda, Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanında son 20 yılda Dünya'nın 10binde 3'ü kadar patenti vardır. Dünya'da yenilenebilir enerji alanında en çok patenti olan ülkelere baktığımızda ise Çin'in açık ara önde olduğu görülmektedir. Bu sonuçla aynı zamanda yenilenebilir enerji alanındaki başvurularla liderliği çeken şirketin Çin'li State Grid Corporation of China olması şaşırtmamaktadır. Pazar büyüklüklerine baktığımızda da Türkiye'de 70.3 milyon dolar ile bu alana yatırım yapılabilir olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar kelime ve teknoloji alanları analizi kısmında

Dünya'daki ve Türkiye'deki Patentlerin anahtar kelime analizleri incelenmiş ve Dünya'daki patentlerde en fazla Solar Panel ve Solar Energy geçerken Türkiye'deki patentlerde en fazla Wind Turbin anahtar kelimesi geçmektedir. Yenilenebilir Enerjinin uygulama alanlarına baktığımızda ise Dünya'da en fazla Elektrik Makineleri, Aparatlar, Enerji iken Türkiye'de Motorlar, Pompalar ve Türbinler biçiminde sıralanmaktadır. Bilimsel çalışmalara bakıldığında da Dünya'da yenilenebilir enerji ile ilgili en çok Mühendislik alanınca çalışmalar yapılmıştır.

Genel olarak bakıldığında son yıllarda ülkemizde yenilenebilir enerji alanına yatırımlar artmış olsa da Dünya ölçeğinde istenen seviyede olmadığımız görülmektedir. Ülkemizdeki patent sayılarını Dünya'daki sayılarla karşılaştırdığımızda, Dünya'nın oldukça gerisinde olduğumuzu ve bu alana ağırlık vermesi gerektiği sonucunu çıkarabiliriz. Ayrıca, ülkemizde daha çok rüzgar alanında patent alındığı görülmekte olup diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına da ağırlık verilmesi gerektiği sonucunu çıkarabiliriz.

## 5. Teşekkür

Bu çalışmada, Orbit Innovation yazılımının kullanılmasını sağlayan Questel şirketine teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Aggarwal, S., & Chandra, A. (2021). An Insight into Patent Landscape Analysis of Plant Stem Cells. World Patent Information.
- Hua, Z., Yang, J., & Coulibaly, S. (2006). Integration TRIZ with problem-solving tools: a literature review from 1995 to 2006. International Journal of Business Innovation and Research, 1, 111-128.
- Jun, S. (2015). Patent Statistics for Technology Analysis. International Journal of Software Engineering and its Applications, 9, 155-164.
- Jun, S., & Lee, S.-J. (2013). Patent Analysis Using Bayesian Network Models.
- Jun, S., & Park, S. (2012). New Technology Management Using Time Series Regression and Clustering.
- Kabataş, K., & Akgün, A. (2020). Technology Forecasting. Bilge International Journal of Social Research, 65-70.
- Kaya, H. İ., & Bayraktar, Y. (2019). Hukuki Düzenlemeler, Politika Destekleri ve Mali Teşviklerin Yenilenebilir Enerjinin Gelişimindeki Rolü: Çin Halk Cumhuriyeti Örneği. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 20(1).
- Kaya, K., & Koç, E. (2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. Mühendis ve Makina, 61-68.
- Liang, Y., Tan, R., & Ma, J. (2008). Patent analysis with text mining for TRIZ. 2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, 1147-1151.
- Liimatainen, H., Kallionpää, E., Pöllänen, M., Stenholm, P., Tapio, P., & McKinnon, A. C. (2014). Decarbonizing road freight in the future — Detailed scenarios of the carbon emissions of Finnish road freight transport in 2030 using a Delphi method approach. Technological Forecasting and Social Change, 81, 177-191.
- Mitchell, V. (1992). Using Delphi to Forecast in New Technology Industries. Marketing Intelligence & Planning, 10, 4-9.
- Renaldi, R., Miranda, N. D., Khosla, R., & McCulloch, M. (2021). Patent Landscape of not-in-kind Active Cooling Technologies Between 1998 and 2017. Journal of Cleaner

Production.

- Rowe, G., & Wright, G. (2001). Expert Opinions in Forecasting: The Role of the Delphi Technique.
- Tubitak Ar-Ge Harcamaları, (2021, 9 Ekim), Erişim Adresi: [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/BTYPD/istatistikler/BTY15.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/istatistikler/BTY15.pdf)
- Tunç, H. (2008). Bir Yenilik Göstergesi Olarak Patent Ve Türkiye Patent Performansı, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Woudenberg, F. (1991). An Evaluation of Delphi. Technological Forecasting and Social Change, 40(131-150).





# Enriching the Open Provenance Model for a Privacy-Aware Provenance Management

Dilek Yılmaz Demirel<sup>1\*</sup>, Özgü Can<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Istanbul Technical University, Faculty of Computer and Informatics Engineering, Department of Computer Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4008-4478), [demirel18@itu.edu.tr](mailto:demirel18@itu.edu.tr)

<sup>2</sup> Ege University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8064-2905), [ozgu.can@ege.edu.tr](mailto:ozgu.can@ege.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1023420)

**ATIF/REFERENCE:** Yılmaz Demirel, D., & Can, O. (2021). Enriching the Open Provenance Model for a Privacy-Aware Provenance Management. *European Journal of Science and Technology*, (29), 144-149.

## Abstract

Today, the total amount of data that is generated, copied, and stored are increasing rapidly. Thereupon, the trustworthiness of the data source and the quality of data have significant importance for an effective data analysis. Therefore, it is critical to improve accountability for the quality of data. For this purpose, provenance information is used to provide the quality of data. Provenance information ensures the reliability and quality of data. Data provenance is a form of metadata to describe the life cycle of a data. Therefore, provenance information maintains the history of the data by describing how data are derived. The Open Provenance Model (OPM) aims to meet the requirements of a provenance model. For this purpose, OPM defines a core set of rules. Thus, OPM provides provenance interoperability. In this study, OPM is enhanced to provide a Privacy-Aware Provenance Management (PAPM) model. The goal of the PAPM model is to use provenance information in order to protect data from unwanted access and detect security violations. Therefore, PAPM uses provenance information to protect data privacy. Since the proposed PAPM model is domain-independent, it can be integrated into any interested domain to preserve privacy and ensure data security.

**Keywords:** Provenance, Open Provenance Model, Privacy, Data Security, Knowledge Engineering, Semantic Web.

# Mahremiyet-Farkında Bir Köken Yönetimi için Açık Köken Modelinin Zenginleştirilmesi

## Öz

Günümüzde üretilen, kopyalanan ve depolanan toplam veri miktarı hızla artmaktadır. Bunun sonucu olarak, etkin bir veri analizi için veri kaynağının güvenilirliği ve verinin kalitesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, veri kalitesi için izlenebilirliği arttırmak çok önemlidir. Bu amaçla, veri kalitesini sağlamak için köken bilgisi kullanılmaktadır. Köken bilgisi, verilerin güvenilirliğini ve kalitesini sağlamaktadır. Veri kökeni, verinin yaşam döngüsünü tanımlayan bir meta veri biçimidir. Bu nedenle, köken bilgisi, verilerin nasıl türetildiğini açıklayarak verilerin geçmişini korumaktadır. Açık Köken Modeli (OPM), bir köken modelinin gereksinimlerini karşılamayı hedeflemektedir. Bu amaçla, OPM temel bir kurallar kümesi tanımlamaktadır. Böylelikle, OPM köken birlikte çalışabilirliğini sağlamaktadır. Bu çalışmada, Gizlilik-Farkında bir Köken Yönetimi (PAPM) modeli sağlamak için OPM genişletilmiştir. PAPM modelinin amacı, verileri istenmeyen erişimlerden korumak ve güvenlik ihlallerini tespit etmek için köken bilgisini kullanmaktır. Bu nedenle PAPM, veri mahremiyetini korumak için köken bilgisini kullanmaktadır. Önerilen PAPM modeli etki alanından bağımsız olduğundan, mahremiyeti korumak ve veri güvenliğini sağlamak için herhangi bir etki alanına entegre edilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Köken, Açık Köken Modeli, Mahremiyet, Veri Güvenliği, Bilgi Mühendisliği, Anlamsal Web.

\* Corresponding Author: [demirel18@itu.edu.tr](mailto:demirel18@itu.edu.tr)

## 1. Introduction

Today's information technologies produce a massive volume of data and need to keep track of the origin of data and the metadata to support data accountability and to improve data quality. Provenance is the detailed information about the origin of data and the history of operations made on data. In (Omitola et al., 2010), the provenance term is described as “*Provenance, also known as lineage, describes how an object came to be in its present state, and thus, it describes the evolution of the object over time*”. Provenance does not directly enforce the information security requirements, but it provides the evidence to support the data security (Phua et al., 2018). For this purpose, provenance keeps track of how and where the data was generated, steps that were performed on the processing of data, and by whom these operations were performed. Thus, provenance addresses the data accountability issue and helps to find out whether a policy violation or a data breach has taken place (Tan et al., 2015).

The Open Provenance Model (OPM) is a community data model for provenance that facilitates the meaningful interchange of provenance information between systems (Kwasnikowska et al., 2015). The OPM allows to characterize how things are dependent on others and resulted in specific states and expresses these dependencies with a directed graph (Moreau et al., 2011). Provenance information has no common representation and infrastructure. Therefore, the comprehensibility of provenance information and data exchange becomes very difficult. For this purpose, OPM provides an interoperability layer to express provenance information from different systems in a digitally represented form and allows provenance information to be exchanged between these systems. Consequently, provenance information in different systems is represented in a more meaningful way.

The Semantic Web which is described as an extension of the current web uses ontologies to provide a shared and common understanding of a specific domain. Semantic Web represents information in a machine-understandable and machine-processable format. Therefore, interoperability between systems is supported. As stated in (Golbeck & Hendler, 2008), Semantic Web is a natural fit to represent the provenance information.

In this study, a Semantic Web based Privacy-Aware Provenance Management (PAPM) model is proposed. The presented model aims to track all changes that are made on data since its first creation to its current state. Also, the model allows to access data according to the defined access permissions and restrictions, and to detect security violations by tracking the provenance information. Thus, the main focus of the proposed model is ensuring data privacy by using provenance information. For this purpose, the PAPM model is based on the OPM and generated by utilizing the OPM Profile for Dublin Core (DC Profile). The Dublin Core (DC) terms (Dublin Core Terms, 2021) are metadata about resources and OPM Profile for Dublin Core maps provenance related Dublin Core metadata terms to the OPM and allows existing Dublin Core provenance to be re-expressed in OPM (Miles et al., 2009). The subject of this study is enhancing the OPM model by adding new concepts within the scope of the proposed PAPM model. In this study, the enhanced OPM model and the conceptual view of the PAPM model are presented.

The structure of the paper is organized as follows. The literature review is presented in Section 2. Section 3 clarifies the

PAPM model with the extensions on the OPM model. Finally, Section 4 concludes and describes the future work.

## 2. Related Work

Data provenance has been studied with respect to various fields, such as database systems, digital libraries, art, archaeology, and workflow management systems. The research challenges and the application of provenance in the metadata of digital libraries are discussed in (Burgess, 2016). In (Davidson & Freire, 2008), opportunities and challenges in scientific workflows and provenance are discussed. A formal provenance model to specify control-flow driven scientific workflows is proposed in (Butt & Fitch, 2021). Also, a provenance model named ProvOne+ for scientific workflows is presented and validated for the agricultural domain in (Butt & Fitch, 2021). Moreover, provenance is studied for IoT environments. The requirements, challenges, and applications of data provenance in the IoT are explored in (Butt & Fitch, 2020).

Provenance also supports data accountability, data integration, and data quality. In (Tan et al., 2013), a survey on security and data accountability in distributed systems is presented. A provenance based solution for the cloud data accountability is discussed in (Tan et al., 2015). An analysis framework is presented in (Cheahi & Plale, 2013) to detect conflicts and ambiguities in provenance traces by identifying errors that occur in the provenance processing. A data provenance model to support instance level data integration processes is proposed in (Tomazela et al., 2013).

In recent years, provenance studies are focused on blockchain based researches. In (Suhail et al., 2020), a blockchain based provenance framework for product traceability is proposed. The use of blockchain to record supply chain provenances in a trustworthy manner is studied in (Garrard et al., 2020). A blockchain-based trusted cloud data provenance architecture is proposed in (Liang et al., 2017).

In this study, different from the existing studies, provenance information is used to track access violations. Therefore, the OPM model is enhanced for the Privacy-Aware Provenance Management model. The goal of the PAPM model is to detect privacy threats based on provenance information. This study is based on the provenance model presented in (Can & Yilmazer, 2014; Can & Yilmazer, 2020). The formal representation of the model is given (Can & Yilmazer, 2014). In (Can & Yilmazer, 2020), a provenance model to integrate the provenance and security concepts in order to detect privacy violations is presented. Also, in (Can & Yilmazer, 2020), the related model is demonstrated for the health care domain to preserve patients' privacy. On the other hand, distinct from these studies, this study focuses on the extensions that are performed on the OPM model.

## 3. Material and Method

### 3.1. Open Provenance Model (OPM)

Provenance is the documented history of an object. The dictionary definition of provenance is *the place of origin or earliest known history of something* (Provenance, 2021). It is also defined as the documentation of processes in a digital object's life cycle and accepted as a crucial component of workflow systems (Moreau et al.). The Open Provenance Model (OPM) is a model of provenance that defines provenance in a precise manner and

supports a digital representation of provenance. The OPM uses Provenance Interoperability Layer to allow provenance information to be exchanged between different systems. The OPM assumes that the provenance of objects (whether digital or not) is represented by a directed acyclic graph which is enriched with annotations that capture further information pertaining to execution (Moreau et al., 2011). Therefore, the OPM provides a common representation for provenance information. Figure 1 and Figure 2 show a system before the OPM and after the OPM (Moreau et al., 2008), respectively. Before the OPM-based systems, the provenance data is stored distribute in different systems.

The OPM is based on *Artifact*, *Process*, and *Agent* nodes. The *Process* is an action that takes an *Artifact* object as an input and creates a new *Artifact* object as output. The *Agent* represents the subject that performs the action which is the *Process*. The *Artifact* represents a physical object or a digital representation of an object in any of the states that change during the runtime. Therefore, a notation is needed to indicate these representations of the same resource in different states. Thus, one *Artifact* is a version of another *Artifact*. Different profile definitions have emerged in order to customize the OPM for any domain. The OPM profile aims to use Dublin Core (DC) terms on concepts of OPM. DC terms are metadata about resources. In the OPM, resources do not communicate directly. Hence, relationships between resources should be defined and these relations should be associated. Therefore, DC terms are used. The provenance-related DC metadata terms map to OPM graphs to allow existing DC provenance to be re-expressed in OPM (Dublin Core Terms, 2021). The aim of this

mapping is to be connected to wider provenance information available in OPM data.

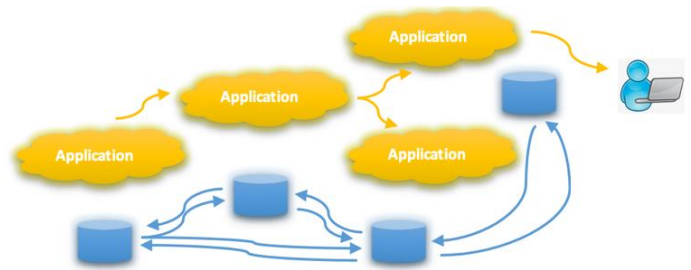


Figure 1. Before OPM

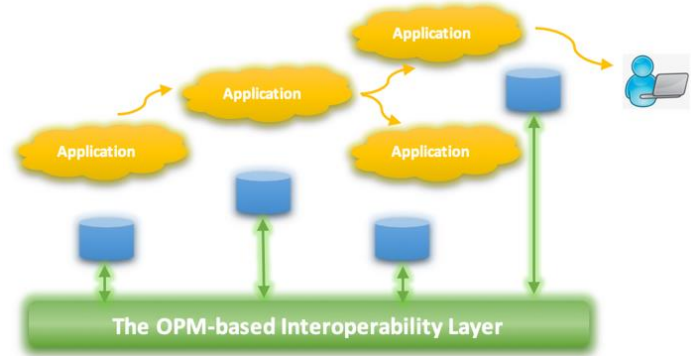


Figure 2. After OPM

Table 1. The DC terms and their functionality on OPM concepts.

Dublin Core/OPM Terms	Functionality on OPM Concepts
dc:isVersionOf	Indicates the version relationship between resources.
dc:hasVersion	Indicates the version of a resource.
dc:creator	Represents the person, organization, or system that is the creator of a resource.
dc:date	Indicates a date or time period associated with a process in a resource's lifecycle.
dc:contributor	Represents the person, organization, or system that contributed to the resource in order to create the next version of the resource.
dc:accrualMethod	Indicates the method that is used to add items to a resource collection.
dc:available	Indicates the date range that the resource became or will become available.
wasDerivedFrom	Indicates resources that are derived from each other.
wasGeneratedBy	Specifies the relationship between a resource and a process.
wasControlledBy	Specifies the relationship between a process and a system or a person.

## 4. Results and Discussion

### 4.1. Enrichment of the OPM for the PAMP Model

The proposed PAMP model aims to support security and privacy by controlling access to personal information and preventing the unwanted disclosure of personal information. The provenance information determines the origin of the data and allows to track operations that are performed on the data. Therefore, the provenance concept is used to perform access

control and to trace authorizations. For this purpose, the PAMP model is developed based on the OPM. While developing the PAMP model, some terms of the OPM are used directly and some terms are used indirectly. Classes that are defined in the PAMP model are as follows: Subject, Person, Object, Artifact, Organization, Operation, Service, Permission, Prohibition, Authorization, Right, AccessHistory, Role, Purpose, Gender, MaritalStatus. The relationship between the concepts of OPM and PAMP is shown in Table 2.

Table 2. The relationship between the concepts of OPM and PAPM..

Class Name	OPM	PAPM
Subject	dct:Agent dct:creator dct:contributor dct:Publisher	A person, an organization, or a service
Person	dct:Agent dct:creator dct:contributor dct:publisher	The subclass of Subject
Organization	dct:Agent dct:creator dct:contributor dct:publisher	The subclass of Subject
Service	dct:Agent dct:creator dct:contributor dct:publisher	The subclass of Subject
Artifact	dct:Collection dct:BibliographicResource	Personal information that could identify an individual
Operation	dct:instructionalMethod	Actions performed in the interested domain
Authorization	No term	Species authorizations for whether or not Artifact objects can be accessed
Prohibition	No term	The subclass of Authorization that defines access prohibitions
Permission	No term	The subclass of Authorization that defines access permissions
Right	dct:rights	The set of rights
Purpose	No term	The access purpose condition that is used by determining authorizations
Role	No term	The role of each user in the interested domain (such as doctor, patient, etc.)
AccessHistory	No term	The detailed access information that is performed on the Artifact object (by whom, when and for what purpose the access is performed)
Object	No term	The general set for objects that could be accessed in the interested domain
Gender	No term	The gender information for the Person
MaritalStatus	No term	The marital status information for the Person

The Subject class refers to the actor who performs operations such as creating a new data, adding or modifying an existing record. The object properties that are defined for the Subject class are as follows: hasRole, isOwnerOf, requests and performs. These properties do not exist in the OPM. Thus, they are specifically defined in the PAPM model. hasRole defines the role of the Subject, isOwnerOf is the owner of the personal information, requests indicates the operation that the Subject wants to perform and performs states the operation that the Subject is performed.

The Person class is the subclass of the Subject class and refers to a real person. The Person class has object and data properties to define demographic data and relations between persons. These properties are also specified in the PAPM model and do not exist in the OPM. personMaritalStatus,

personGender, hasFather, hasMother and hasChild are the object properties defined for the Person class; the data properties are personFirstName, personSecondName, personSurname, personFullName, personAge, personBirthdate, personIdentityNumber, personPhoneNumber, personEmail and personAddress.

The Organization class refers to the organization that performs operations on an object. organizationName and organizationDescription are data properties defined for the Organization class. While organizationName is stated in the OPM with the dc:title term, organizationDescription is defined in the PAPM and states the description information for the Organization.



The *Service* class indicates a service that performs operations on an object. The data properties of the *Service* class are *serviceName* and *serviceDescription*. Similar to the *Organization* class, *serviceName* is specified in the OPM with the term *dc:title* and *serviceDescription* is defined in the PAPM and states the description information for the *Service*.

The *Artifact* class refers to data that is given as input to an operation or received as an output after the operation. *artifactName*, *artifactValue*, *hasFormat*, *isVersionOf*, *hasVersion*, *priorVersion*, *Format*, *versionInfo*, *Creator*, *Created*, *Available*, *dateCopyrighted*, *hasOwner*, *hasAccessHistory*, *hasPermission*, *hasProhibition*, *isInputOf* and *isOutputOf* are the properties defined for the *Artifact* class. Within the context of OPM, properties and their equivalent terms in OPM are: *artifactName* (*dct:title*), *hasFormat* (*dct:hasFormat*), *isVersionOf* (*dct:isVersionOf*), *hasVersion* (*dct:hasVersion*), *priorVersion* (*dct:priorVersion*), *Format* (*dct:format*), *versionInfo* (*dct:versionInfo*), *Creator* (*dct:creator*), *Created* (*dct:created*), *Available* (*dct:available*), *dateCopyrighted* (*dct:dateCopyrighted*). *artifactValue* (the value of the stored *Artifact* data), *hasAccessHistory* (links the *AccessHistory* to an *Artifact* when the *Subject* accesses to the *Artifact*), *hasPermission* (links an *Artifact* to a *Permission* to define access permissions), *hasProhibition* (links an *Artifact* to a *Prohibition* to define access prohibitions), *hasOwner* (links an *Artifact* to the owner of the person information), *isInputOf* (links an *Artifact* as an input for the *Operation*), and *isOutputOf* (links an *Artifact* as a result of an *Operation*) are concepts that are added for the PAPM model.

The *Operation* class states an operation such as adding, updating, or deleting that is performed by an actor. The *Operation* class has the following object and data type properties: *operationName*, *date*, *creator*, *created*, *operationPerformedDate*, *hasOutput*, *operationMinApplicableAge*, *isPerformedBy*, *operationMaxApplicableAge*, *isRequestedBy*, *operationPeriodForLowRisk*, *hasInput*, *operationPeriodForHighRisk*, *isPerformedFor*. Properties and their equivalent terms in OPM are as follows: *operationName*, (*dct:title*), *date* (*dct:date*), *creator* (*dct:creator*), *created* (*dct:created*) and *type* (*dct:type*). Properties that are added in the scope of this study are as follows: *operationPerformedDate* (the date that the operation is performed), *operationMinApplicableAge* (indicates the minimum age if an age limit is required for the operation to be performed), *operationMaxApplicableAge* (indicates the maximum age if an age limit is required for the operation to be performed), *operationPeriodForLowRisk* (states the time interval of the operation that will be applied for low risk groups), *operationPeriodForHighRisk* (states the time interval of the operation that will be applied for high risk groups), *hasInput* (states the data that the operation receives as input), *hasOutput* (states the data that the operation

produces as output), *isPerformedBy* (indicates the person who performed the operation), *isPerformedFor* (indicates for what the operation is performed) and *isRequestedBy* (states the person who requested the operation).

The *Permission* class defines the permit accessibility of an *Artifact*. On the contrary, the *Prohibition* class defines the access restriction of an *Artifact*. Both classes has the relevant properties: *expiredDate*, *creator*, *created*, *permissionName/prohibitionName*, *hasPurpose*, *hasRelatedSubject*, *hasRight*, *startedDate*, *modified*, *contributor*. *permissionName/prohibitionName* (*dct:title*), *creator* (*dct:creator*), *created* (*dct:created*), *modified* (*dct:modified*) and *contributor* (*dct:contributor*) are the properties that have equivalent terms in OPM. The new properties added for the *Permission* and the *Prohibition* are *hasPurpose* (defines the purpose condition that the permission/prohibition will be valid), *hasRelatedSubject* (the person or role that the permission/prohibition is associated with), *hasRight* (indicates the right that the data can be accessed/cannot be accessed, such as read, write, etc.), *startedDate* (indicates the date that the validity of the permission/prohibition starts) and *expiredDate* (indicates the date that the validity of the permission/prohibition ends).

The *Purpose* class expresses the purpose for accessing the data. This class defines the purpose condition while defining permissions and prohibitions. The *purposeName*, *purposeDescription*, *creator*, *created*, *modified*, and *contributor* are properties that are defined for the *Purpose* class. In these properties, *purposeDescription* (specifies the description for the purpose) is added for the PAPM model. The rest of the properties have equivalent terms in the OPM. The *Role* class states the role of a *Subject* in the interested domain. The properties of the class are *roleName*, *roleDescription*, *creator*, *created*, *modified*, and *contributor*. *roleDescription* that specifies the description for the role is added to the PAPM model, while other properties have equivalent terms in the OPM. The *Right* class refers to the rights that are used for the data access, such as read, write, and etc. The *rightName*, *rightDescription*, *creator*, *created*, *modified*, and *contributor* are properties of the *Right* class. The *OperationType* class indicates the type of operations that are defined. The properties of this class are *creator*, *created*, *operationTypeName*, *operationTypeDescription*, *modified*, and *contributor*. For both of these classes, *operationTypeDescription* and *rightDescription* are new properties that specify the description for the access right and operation type, respectively. Finally, the *Gender* and *MaritalStatus* classes and their properties are related with the *Person* class. The *genderName* and *maritalStatus* are defined for the related classes and the equivalent term for these properties in the OPM is *dct:title*.

Consequently, the access history for data can be fetched by enriching the OPM model to preserve privacy. Also, versions of data can be tracked to monitor access violations. Therefore, the

extended model provides to trace the data from the moment it is first created and to store details of all access information related to data. As the final extended model is domain-independent, it could be used in any domain to prevent the unauthorised accesses and to provide the protection of sensitive data.

#### 4. Conclusions and Recommendations

Provenance specifies the origin of data and provides information about the evolution of data. Therefore, provenance information improves the data quality and trustworthiness of data by providing information about data from its first creation. In this study, provenance is studied in the scope of information security and data privacy. Thus, a Privacy-Aware Provenance Management model is presented to protect data from unwanted access and detect security violations. The presented model is based on the OPM model. In the scope of this study, the OPM model is enhanced for the PAMP model and details of the related extensions are presented. As future work, a blockchain-based approach will be integrated into the PAMP model to provide a tamper-proof information and a generic PAMP framework will be implemented. Also, this generic blockchain-based PAMP framework will be evaluated to support security and privacy. For this purpose, a use case study for preserving organizational privacy will be demonstrated and the blockchain-based PAMP framework will be validated.

#### References

- Burgess, L.C. (2016). Provenance in Digital Libraries: Source, Context, Value and Trust. In: Lemieux V. (eds) Building Trust in Information. Springer Proceedings in Business and Economics, pp. 81-91. Springer, Cham.
- Butt, A.S., & Fitch, P. (2021). A provenance model for control-flow driven scientific workflows. *Data & Knowledge Engineering*, 131-132, 101877.
- Butt A.S., & Fitch P. (2020). ProvONE+: A Provenance Model for Scientific Workflows. In: Huang Z., Beek W., Wang H., Zhou R., Zhang Y. (eds) Web Information Systems Engineering – WISE 2020. Lecture Notes in Computer Science, Vol 12343, pp. 431-444. Springer, Cham.
- Can, O., & Yilmazer, D. (2014). A Privacy-Aware Semantic Model for Provenance Management. In: Closs S., Studer R., Garoufallou E., Sicilia MA. (eds) Metadata and Semantics Research (MTSR 2014). CCIS Vol 478, pp. 162-169. Springer, Cham.
- Can, O., & Yilmazer, D. (2020). A novel approach to provenance management for privacy preservation. *Journal of Information Science*, 46(2):147-160.
- Can, O., & Yilmazer, D. (2020). Improving privacy in health care with an ontology-based provenance management system. *Expert Systems*, 37(1), 12427.
- Cheahi Y.W., & Plale, B. (2014). Provenance quality assessment methodology and framework. *ACM Journal of Data and Information Quality*, 5(3), Article 9.
- Davidson, S.B., & Freire, J. (2008). Provenance and scientific workflows: challenges and opportunities. In: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on management of data (SIGMOD'08), pp. 1345-1350.
- Dublin Core Terms, <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core>. Last accessed 14 Nov 2021.
- Elkhodr, M., & Mufti, Z.B. (2019). On the challenges of data provenance in the Internet of Things. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 11(3):43-52.
- Garrard, R., & Fielke, S. (2020). Blockchain for trustworthy provenances: A case study in the Australian aquaculture industry. *Technology in Society*, 62, 101298.
- Golbeck, J., & Hendler, J. (2008). A semantic web approach to the provenance challenge. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 20(5): 431-439.
- Kwasnikowska, N., Moreau, L., & Van Den Bussche, J. (2015). A Formal Account of the Open Provenance Model. *ACM Transactions on the Web*, 9:2, Article 10.
- Liang, X., et al. (2017). ProvChain: A Blockchain-based Data Provenance Architecture in Cloud Environment with Enhanced Privacy and Availability. In: 17th IEEE/ACM Int. Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID), pp. 468-477.
- Miles, S., Moreau, L., & Futrelle, J. (2009). OPM Profile for Dublin Core Terms (Draft). <https://nms.kcl.ac.uk/luc.moreau/papers/dc-opm09.pdf>. Last accessed 14 Nov 2021.
- Moreau, L., Clifford, B., Freire, J., et al. (2011). The Open Provenance Model core specification (v1.1). *Future Generation Computer Systems*, 27(6): 743-756.
- Moreau L., Freire J., Futrelle J., McGrath R.E., Myers J., & Paulson P. (2008). The Open Provenance Model: An Overview. In: Freire J., et al. (eds) Provenance and Annotation of Data and Processes. IPAW 2008. LNCS, Vol 5272. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Omitola, T., Gibbins, N., & Shadbolt, N. (2010). Provenance in Linked Data Integration. *Future Internet Assembly*.
- OPM Tutorial. Interoperability. <https://openprovenance.org/opm/tutorial/slides/6-interoperability.pptx>. Last accessed 14 Nov 2021.
- Phua, T.W., & Ko, R.K.L. (2018). Data Provenance for Big Data Security and Accountability. In: Sakr S., Zomaya A. (eds) Encyclopedia of Big Data Technologies. Springer, Cham.
- Provenance. <https://www.lexico.com/definition/provenance>. Last accessed 14 Nov 2021.
- Suhail, S., Hussain, R., Khan, A., & Seon Hong, C. (2020). Orchestrating product provenance story: When IOTA eco system meets electronics supply chain space. *Computers in Industry*, 123, 103334.
- Tan, A.Y.S, et al. (2015). Provenance for cloud data accountability. *The Cloud Security Ecosystem Technical, Legal, Business and Management Issues*. 1st Edn. Chapter 8, pp. 171--185. Syngress, MA, USA.
- Tan, Y.S., Ko, R.K.L., & Holmes, G. (2013). Security and Data Accountability in Distributed Systems: A Provenance Survey. In: IEEE 10th International Conference on High Performance Computing and Communications & 2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, pp. 1571-1578.
- Tomazela, B., Hara, C.S., Ciferri, R.R., & de Aguiar Ciferri, C.D. (2013). Empowering integration processes with data provenance. *Data & Knowledge Engineering*, 86:102-123.



# Deep Learning Based Covid-19 Detection With A Novel CT Images Dataset: EFSCCH-19

Oğuzhan Katar<sup>1\*</sup>, Erkan Duman<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, Elazig, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5628-3543), okatar@firat.edu.tr

<sup>2</sup> Firat University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Elazig, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2439-7244), erkanduman@firat.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1021030)

**ATIF/REFERENCE:** Katar, O., & Duman, E. (2021). Deep Learning Based Covid-19 Detection With A Novel CT Images Dataset: EFSCCH-19. *European Journal of Science and Technology*, (29), 150-155.

## Abstract

COVID-19 pandemic has negatively affected the whole world in many ways. Since its inception, various methods and approaches have been developed. The common feature of these solution searches is minimizing the social and economic damages of the COVID-19 pandemic. In this article, we developed our deep learning-based model for the detection of COVID-19 disease from chest CT images. However, we did not use the publicly available datasets used in most studies in the literature. Because, in public datasets; there are problems such as low samples, incorrectly labeled images and unbalanced distribution. Due to such problems, we thought that our model would not reach the desired high accuracy values. We used our dataset, which has not been included in any deep learning study before, from Elazig Fethi Sekin City Hospital, for the first time in the training of our model. Our model was trained with 800 positive and 800 normal chest CT images and then tested with 400 randomly selected test images. As a result of these tests, accuracy rate of %97.5 was achieved. When the results of our study are evaluated, it is thought that it can help physicians in the detection of COVID-19 disease.

**Keywords:** COVID-19, Deep learning, Image processing, CT scans, CNN, Image Classification, Diagnosing

# Yeni Bir CT Görüntüleri Veri Kümesi ile Derin Öğrenme Tabanlı Covid-19 Tespiti: EFSCCH-19

## Öz

COVID-19 pandemisi tüm dünyayı birçok yönden olumsuz etkiledi. Kurulduğu günden bu yana çeşitli yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çözüm arayışlarının ortak özelliği, COVID-19 pandemisinin sosyal ve ekonomik zararlarını en aza indirmektir. Bu çalışmada, göğüs BT görüntülerinden COVID-19 hastalığının tespiti için derin öğrenme tabanlı modelimizi geliştirdik. Ancak literatürdeki çoğu çalışmada kullanılan halka açık veri setlerini kullanmadık. Çünkü halka açık veri setlerinde; düşük sayıda eleman, yanlış etiketlenmiş görüntüler ve dengesiz dağılım gibi sorunlar mevcut. Bu tür problemlerden dolayı modelimizin istenilen yüksek doğruluk değerlerine ulaşamayacağını düşündük. Elazığ Fethi Sekin Şehir Hastanesi'nden daha önce herhangi bir derin öğrenme çalışmasına dahil edilmemiş veri setimizi modelimizin eğitiminde ilk kez kullandık. Modelimiz 800 pozitif ve 800 normal göğüs BT görüntüsü ile eğitildi ve ardından rastgele seçilmiş 400 test görüntüsü ile test edildi. Bu testler sonucunda %97,5 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde hekimlere COVID-19 hastalığının tespitinde yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19, Derin öğrenme, Görüntü işleme, BT taramaları, ESA, Görüntü sınıflandırma, Teşhis.

\* Corresponding Author: [okatar@firat.edu.tr](mailto:okatar@firat.edu.tr)



## 1. Introduction

Our world has dealt with many epidemics from the past to the present and is currently struggling with the 'COVID-19' global epidemic that emerged in December 2019 in Wuhan, China [1]. This is a respiratory disease caused by SARS-CoV2. The most prominent symptoms of COVID-19 include high fever, dry cough, respiratory problems, severe sore throat and diarrhea. In addition to the stated findings, loss of taste and smell sense, joint pain and nasal congestion are also observed in most patients [2]. There is no measure or vaccine available to completely protect against new types of infectious diseases such as COVID-19. As a result, it can be fairly quick and easy for an infected person to spread the disease to other people. Establishing an isolated area between healthy and infected people and promoting the use of masks are ways to control the spread of virus infection [3].

RT-PCR (Reverse-Transcriptase Polymerase Chain Reaction) test is applied for the diagnosis of COVID-19 [4]. This test detects the presence of the virus by observing the RNA of the COVID-19 virus and ensures its identification. In order to perform the test, a swab should be taken from the throat and nose with the help of a cotton swab. The low sensitivity, time-consuming testing, and the need for special tools that are not available in standard laboratories main disadvantages of RT-PCR are. RT-PCR creates difficulties in detecting infected people and preventing the spread of the disease, due to the fact that some countries do not have enough test kits and the mentioned disadvantages. As an alternative to these difficulties, radiological imaging techniques are used for the diagnosis of COVID-19 [5].

X-Ray-based radiological imaging modalities such as chest radiograph and chest CT scan can be helpful to isolate people whose lungs are infected and to initiate treatment early [6]. These methods can simply reveal the visual radiological features of COVID-19, especially the ground-glass finding. Radiologists mostly prefer chest radiograph to detect the disease, because X-ray equipment is available in most hospitals. Chest radiograph taken with the help of X-ray devices are insufficient, especially when the soft tissues of the organs are desired to be observed. To overcome this deficiency, CT scanning, which has the ability to successfully observe the soft tissues of the organs, is used [8]. Radiologists should refer to CT images in the analysis of the ground glass areas on the soft tissues. In this pandemic period, which affects the health sector very badly, many radiologists should undertake duties in the diagnosis of COVID-19 disease. However, the report generation process is a time-consuming and error-prone task due to human factors. For these reasons, computers should be used to detect the disease from radiological images. 'Deep Learning' methods, which is the subtitle of artificial intelligence, are used by researchers in the classification and analysis of images. Especially in the studies of disease detection from medical images, the number of elements of the dataset is of great importance. Because when the number of elements in the dataset is low, it is more efficient to use pre-trained neural networks, while it is more appropriate to train our own model when the number of elements of the dataset increases.

The main purpose of this article study is to classify CT images with COVID-19 (+) and normal findings with high accuracy rates using our model in Convolutional Neural Network architecture. During the training phase of the specified

model, computerized tomography images of real patients submitted to us were used, thanks to the administrative permissions obtained by the TR Ministry of Health and the Chief Physician of Elazig Fethi Sekin City Hospital. Our dataset consists of 1000 COVID-19 positive and 1000 COVID-19 negative computed tomography images. In our dataset, it was not sufficient to have only ground glass areas in the images that were positive for COVID-19, and the condition that the diagnosis of "U07.3" ICD10 was entered by the specialist doctor was strictly observed. As a result of our study, the performance results of our model were shared, and a fast and reliable method was proposed for the detection of COVID-19 disease from computed tomography images.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 includes other studies in the literature on deep learning techniques for image classification. The details of the dataset, model and performance metrics is described in Section 3. The analysis of test results and experimental results of our COVID19 classifier model are given in Section 4. Conclusion part of the study is in Section 5.

## 2. Related Works

In this section, some studies from X-ray-based radiological images in the literature on COVID-19 detection are examined. The main idea behind these studies is to classify the covid infection in the lungs as positive or negative based on the findings in the radiological images.

In the study of [7], researchers conducted a deep learningbased study that could be useful in detecting COVID-19 from chest CT images. They used transfer learning models to learn and extract important feature vectors. Due to the insufficient number of elements in the publicly available CT datasets, they created a balanced dataset combined from three different sources. The dataset, which consists of 11,209 images in total, contains 5,602 positive and 5,607 negative samples. They used the pre-trained VGG16, DenseNet121, InceptionV3, Inception-Resnet, Xception and the CNN architecture model they developed in order to classify the images. VGG16 reached the highest accuracy with %98.7 among all transfer learning models.

In the study of [8], COVID-19 detection was presented using XGBoost in the classification phase of convolutional neural network (CNN) in feature extraction from chest CT scan images. They created the dataset from a total of 708 CT images, 312 of which were infected with COVID-19 and 396 with normal findings. Test data classified with the XGBoost model as a result, 95.07 accuracy, 95.09 recall, 94.99 precision, 95 F-score and 95 AUC values were obtained on the findings in the radiological images.

In the study of [9], researchers developed the model called COVNet(COVID-19 detection neural network) for COVID19 detection. This model, which can classify on CT images, was trained on 4352 images taken from 3222 patients. The accuracy obtained from COVNet was %95. Researchers could not publicly publish the dataset.

In the study of [10], a diagnostic system was developed using CT images to help doctors diagnose COVID-19 patients. Unlike two-dimensional studies, 3D deep learning models based on CT images were also applied for COVID-19 detection [11]. Several works have also applied for COVID19 infection regions



segmentation. In these studies, VB-Net and UNet++ based models were used [12].

In the study of [13], they used UNet++ to extract segmented lesions from CT images and predict COVID-19 and other viral pneumonia types. Thanks to the proposed model, the reading time of radiologists was shortened by 65%.

In the study of [14], they proposed a deep neural network that uses synthetic images to detect COVID-19. An accuracy rate of 98.7% was obtained from the proposed model.

### 3. Material and Method

#### 3.1. Dataset

The dataset used in this study was composed of two classes called COVID-19 (+) and COVID-19 (-). There are 1000 chest CT images in each class, so our dataset is in a balanced structure. Real patient images taken with Computed Tomography devices in Elazig Fethi Sekin City Hospital are the source of our dataset elements. There are an average of 70 frames in a chest CT scan taken at Elazig Fethi Sekin City Hospital. An exemplary chest CT sequence is shown in Figure 1, with patient confidentiality in mind.

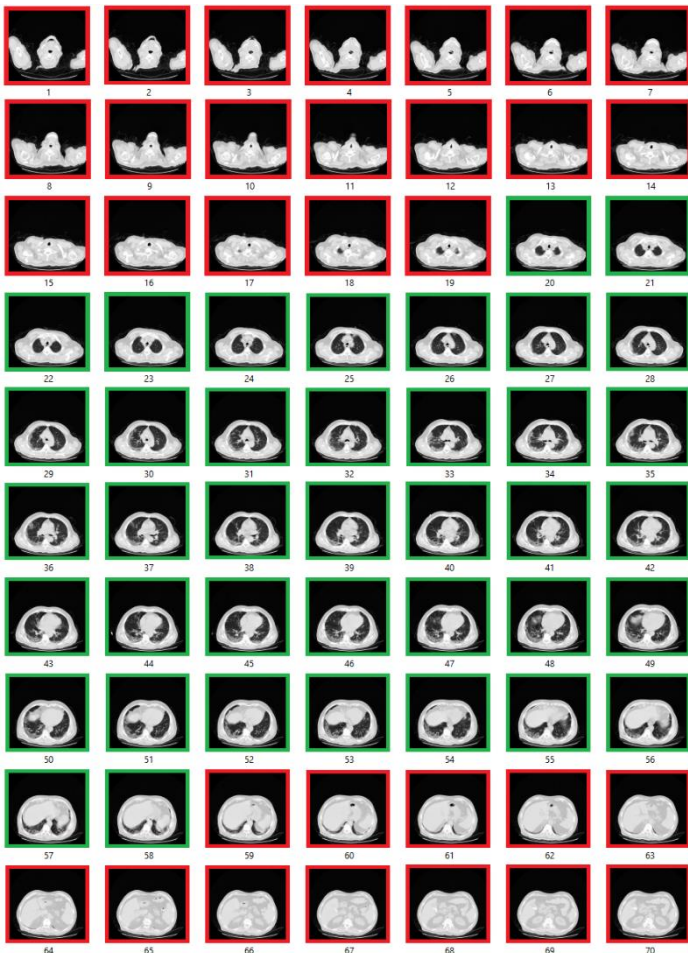


Figure 1. Chest CT Scan

In Figure 1, frames with useful information that need to be included in the process in order to detect COVID-19 are indicated with a green, and frames without useful information are indicated with a red. Chest radiograph of the same patient is shown in Figure 2. with the same coloring method. These areas correspond to areas containing useful information about the patient's chest CT image.

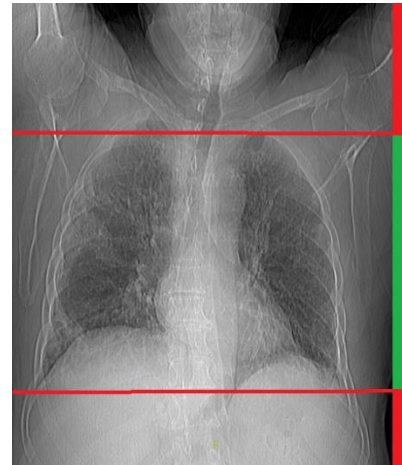


Figure 2. Chest Radiograph

The elements in the dataset have a size of 768x768 px. This size is equivalent to its raw form in the PACS server. The images taken by the CT device are simultaneously transferred to the PACS server in DICOM format with the help of integration. In our study, instead of using DICOM format, "JPG" conversion was performed by using the conversion features offered by the PACS application. Figure 3. shows a sample of CT scans of COVID-19 (+) and COVID-19 (-) patients from the dataset.

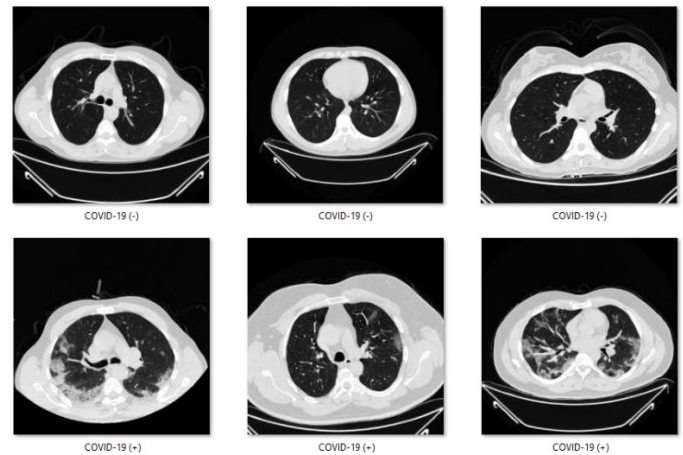


Figure 3. Sample of CT Scans

According to the CO-RADS study [15]; CT image findings for COVID-19 detection are divided into 7 categories. These categories are named sequentially from CO-RADS-0 to CORADS-6. Brief descriptions of each category are as follows.

- CO-RADS-0 is chosen for situations where CT scans are incomplete or of poor quality
- CO-RADS-1 means very low suspicion for lung involvement by COVID-19.
- CO-RADS-2 means a low level of suspicion based on CT findings considered incompatible with COVID-19.
- CO-RADS-3 refers to suspicious findings for pulmonary involvement of COVID-19.
- CO-RADS-4 refers to a highly suspected condition typical of COVID-19 but also somewhat similar to other pneumonia findings.
- CO-RADS-5 means very high suspicion for lung involvement by COVID-19
- CO-RADS-6 is used to indicate COVID-19 proven by RT-PCR test results.

In our dataset; Images with the COVID-19 (+) label consist of CO-RADS-4 and CO-RADS-5, and those with the COVID-19 (-) label consist of CO-RADS-1, according to the CO-RADS classification. 3-dimensional t-SNE plot of the dataset is given in Figure 4.

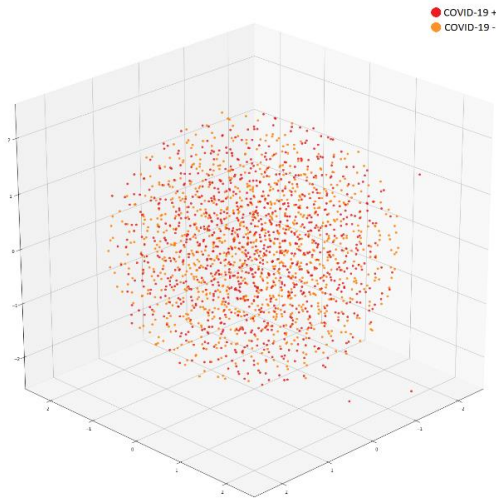


Figure 4. 3D t-SNE Plot of Dataset

### 3.2. Model Training

Before starting the training of our model, we resized the 768x768 px images in our dataset to 150x150 px. Then, we divided the images we have into %80 train and %20 test. The dataset sample distribution used in model training and testing stages is shown in Table I.

Table 1. Number of Images in Dataset

	COVID-19 (+)	COVID-19 (-)	Total
<b>Train</b>	800	800	1600
<b>Test</b>	200	200	400
<b>Total</b>	1000	1000	2000

In the training of our model, Python was preferred as the programming language and the Keras library was used. Epoch number: 50, batch size: 64, learning rate: 0.01, adam optimizer function and binary cross entropy loss hyperparameters were preferred.

### 3.3. Proposed Model

The CNN model we developed for the solution of the problem consists of 19 layers as shown in Figure 5. Our model accepts the input image as 150x150 px and transmits it to the convolution layer. The kernel size of the convolution layers in the second, sixth and tenth layers is equal to 3x3. A pooling layer is used to extract feature maps from the image after each convolution layer. However, before each pooling layer, an activation layer (ReLU) were used to make our network more organized and optimized during training. The main reason for using the pooling layer in our model is that it reduces the input size for the next convolution layer. We've set 'Dropout Rate' to  $p = 0.5$ , which allows for maximum regulation. Otherwise, if all the weights are learned together in the networks, normally some links will gain more predictive ability than others. Dropout is also used in the Fully Connected Layer so that our model can avoid over-learning. Sigmoid activation function, which is very

effective in binary classification, is used in the classifier layer of our model. In the output layer, our result is classified as 0 or 1.

Input image (CT)

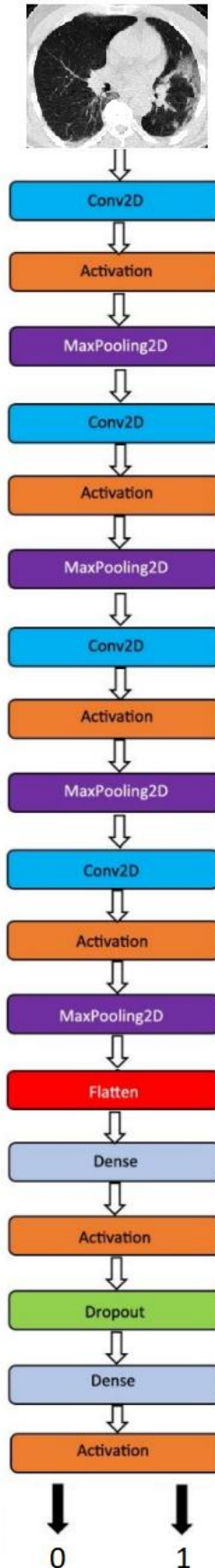


Figure 5. Proposed Model's Details

### 3.4. Performance Metrics

In this study, the classification performance of the COVID19 classification model proposed is evaluated with confusion matrix-based performance measures. The confusion matrix provides information about the relationship between the image tags that the model predicts in the output layer and the actual image tags. The metrics used to demonstrate this relationship are accuracy, precision, specificity, recall and F-1.

The main purpose of performing the binary classification model is to determine whether there is a COVID-19 infection in the lungs of the patient. In binary classification models, the predictions can only be 0 or 1. These estimates may match the patient’s actual condition or may be inaccurate. Considering the specified structure, four different situations can occur. The first case is called True Positive (TP) and involves predicting an image with the COVID-19 (+) tag as COVID-19 (+) by the model. The second case is called False Positive (FP) and involves the model predicting an image with the COVID19 (-) tag as COVID-19 (+). The third case is called True Negative (TN) and involves the model predicting an image with the COVID-19 (-) tag as COVID-19 (-). The fourth case is called False Negative (FN) and involves the model predicting an image with the COVID-19 (+) tag as COVID-19 (-). A successful model is expected to have high TP and TN rates. The following equations of metrics are used to validate the performance of the outputs predicted by our model.

Accuracy ( $A_c$ ) is defined as the division of all correct classifications by the total number of classifications. How to calculate ( $A_c$ ) is shown in (1).

$$A_c = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

Precision ( $P_r$ ) shows how many of the values we estimated as positive are actually positive. A model with a low Precision ( $P_r$ ) value makes a large number of FP estimates. The mathematical equation necessary to calculate this value is given in (2).

$$P_r = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

Specificity ( $S_p$ ) shows how many of the values we estimated as negative are actually negative. The equation used to calculate the Specificity ( $S_p$ ) is shown in (3).

$$S_p = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

Recall ( $R_c$ ) is the ratio of the number of correctly classified positive samples to the total number of positive samples. The equation used to calculate the Recall ( $R_c$ ) is shown in (4).

$$R_c = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

F-score ( $F_1$ ) value is the harmonic average of Precision ( $P_r$ ) and Recall ( $R_c$ ) values. It is one of the most important success criteria when the dataset distribution is unbalanced. The calculation of the F-score ( $F_1$ ) value is shown in (5).

$$F_1 = 2 * \frac{P_r * R_c}{P_r + R_c} \quad (5)$$

## 4. Experimental Results

The proposed model for detecting COVID-19 infection from CT images was trained in the Google Colab environment. As a result of 50 epochs, each lasting 45 ms, our model reached accuracy rate of %97.5. The graphic representation of the accuracy values of the training phase is shown in Figure 6.

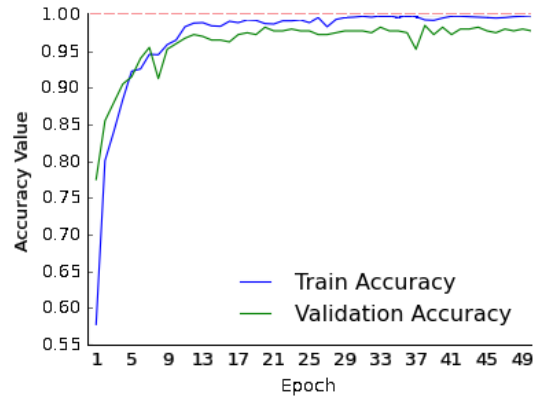


Figure 6. Train and Validation Accuracy of Model

As seen in Figure 6, train accuracy and validation accuracy did not reach ‘1.00’ at any epoch. The reason for this is the effective use of the “Dropout” layer. The display of “Loss” values, which is another necessary graphic for the interpretation of the training phase, is given in Figure 7.

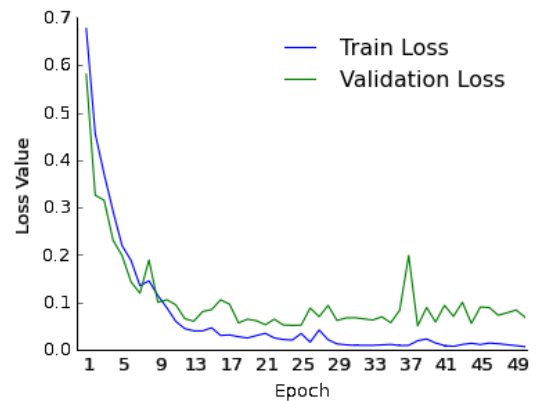


Figure 7. Train and Validation Loss of Model

Figure 8 shows the confusion matrix and other performance metrics of our model. The accuracy rate given as %97.5 by the console output as a result of the training phase can be proven from Figure 8. The closer these values are to 1, the higher the success rate and discrimination ability of our model.

		Predicted Class		
		Covid	Normal	
True Class	Covid	197	3	Recall 0.9657
	Normal	7	193	Specificity 0.9847
		Precision 0.9850	F1- Score 0.9752	

Figure 8. Confusion Matrix of Model’s Outputs



It is very important that margin of error due to misclassification is close to zero in artificial intelligence models designed to be used in the detection of diseases such as COVID-19 that can directly affect human life. Increasing the number of elements in the dataset is among the primary solutions in order to minimize the specified margins of error. Because the more elements the dataset has, the more comprehensive it will be. In this way, deep learning models will dominate various types of examples. Figure 9 shows random samples of chest CT images reserved for testing before the training phase started, which were successfully classified by our model.

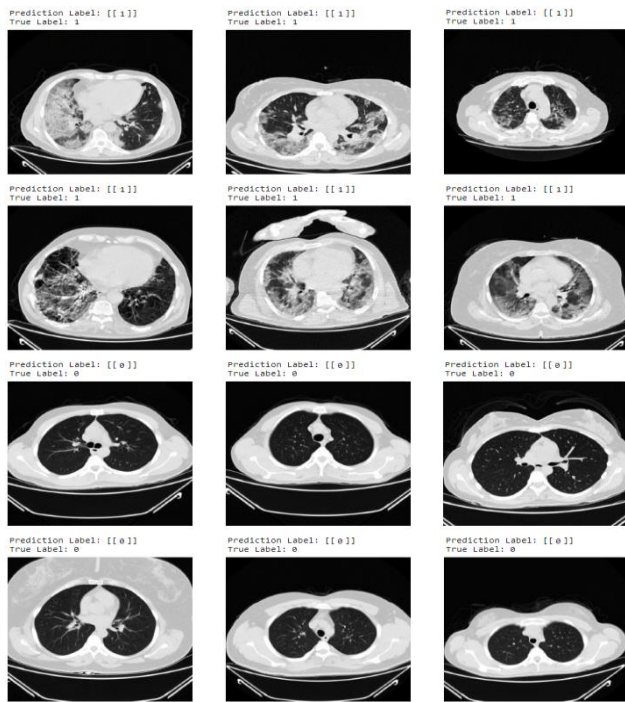


Figure 9. Successfully Classified CT Images Samples

## 5. Conclusion

In this study, we propose an uncomplicated and useful CNN model for the detection of COVID-19 from CT images. Our model is trained to classify CT images of patients with and without COVID19 symptoms. The dataset we used was created specifically for this study. Although high values were achieved in all performance metrics, the predictive ability of the model could be taken to the next level if more images were included in the training phase. In this study, it is aimed to present a deep learning-based fast and reliable decision support system to radiologists who have been trying to detect COVID-19. Today the technological devices used in the field of imaging are in a structure that can work integrated with the method we have developed for the detection of the disease. Designing and implementing such decision support systems can improve the future of the healthcare industry. The availability of similar studies is an important advantage in the fight against emergencies such as the COVID-19 epidemic, which spreads rapidly and information about the disease is scarce.

## References

Wang, D., Hu, B., Hu, C., Zhu, F., Liu, X., Zhang, J., ... & Peng, Z. (2020). Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China. *Jama*, 323(11), 1061-1069.

Singhal, T. (2020). Uma revisão da doença de Coronavírus-2019 (COVID-19). *Indian J Pediatr*, 87, 281-286.

Chan, J. F., Lau, S. K., To, K. K., Cheng, V. C., Woo, P. C., & Yuen, K. Y. (2015). Middle East respiratory syndrome coronavirus: another zoonotic betacoronavirus causing SARS-like disease. *Clinical microbiology reviews*, 28(2), 465-522.

Wang, W., Xu, Y., Gao, R., Lu, R., Han, K., Wu, G., & Tan, W. (2020). Detection of SARS-CoV-2 in different types of clinical specimens. *Jama*, 323(18), 1843-1844.

Li, L., Qin, L., Xu, Z., Yin, Y., Wang, X., Kong, B., ... & Xia, J. (2020). Artificial intelligence distinguishes COVID-19 from community acquired pneumonia on chest CT. *Radiology*.

Singh, D., Kumar, V., & Kaur, M. (2020). Classification of COVID-19 patients from chest CT images using multi-objective differential evolution–based convolutional neural networks. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 39(7), 1379-1389.

Jashnani, K., Nargunde, R., Shah, Y., & Raul, N. (2021, June). COVID-19 Prediction from CT Scans using Deep-Learning. In 2021 International Conference on Communication information and Computing Technology (ICCICT) (pp. 1-6). IEEE.

Carvalho, E. D., Carvalho, E. D., de Carvalho Filho, A. O., De Araújo, F. H. D., & Rabêlo, R. D. A. L. (2020, July). Diagnosis of COVID-19 in CT image using CNN and XGBoost. In 2020 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC) (pp. 1-6). IEEE.

Li, L., Qin, L., Xu, Z., Yin, Y., Wang, X., Kong, B., ... & Xia, J. (2020). Using artificial intelligence to detect COVID-19 and community-acquired pneumonia based on pulmonary CT: evaluation of the diagnostic accuracy. *Radiology*, 296(2), E65-E71.

Song, Y., Zheng, S., Li, L., Zhang, X., Zhang, X., Huang, Z., ... & Yang, Y. (2021). Deep learning enables accurate diagnosis of novel coronavirus (COVID-19) with CT images. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*.

He, X., Wang, S., Chu, X., Shi, S., Tang, J., Liu, X., ... & Ding, G. (2021). Automated Model Design and Benchmarking of 3D Deep Learning Models for COVID-19 Detection with Chest CT Scans. *arXiv preprint arXiv:2101.05442*.

Jin, S., Wang, B., Xu, H., Luo, C., Wei, L., Zhao, W., ... & Xu, W. (2020). AI-assisted CT imaging analysis for COVID-19 screening: Building and deploying a medical AI system in four weeks. *MedRxiv*.

Chen, J., Wu, L., Zhang, J., Zhang, L., Gong, D., Zhao, Y., ... & Yu, H. (2020). Deep learning-based model for detecting 2019 novel coronavirus pneumonia on high-resolution computed tomography. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.

Karakanis, S., & Leontidis, G. (2021). Lightweight deep learning models for detecting COVID-19 from chest X-ray images. *Computers in biology and medicine*, 130, 104181.

Prokop, M., Van Everdingen, W.,... & COVID-19 Standardized Reporting Working Group of the Dutch Radiological Society. (2020). CO-RADS: a categorical CT assessment scheme for patients suspected of having COVID-19 definition and evaluation. *Radiology*, 296(2), E97-E104.





# Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması

Yusuf Bahri Özçelik<sup>1</sup>, Aytaç Altan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6326-9398), [ybahri.ozcelik@fbe.karaelmas.edu.tr](mailto:ybahri.ozcelik@fbe.karaelmas.edu.tr)

<sup>2\*</sup> Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7923-4528), [aytacaltan@beun.edu.tr](mailto:aytacaltan@beun.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1011806)

**ATIF/REFERENCE:** Özçelik, Y. B. & Altan, A. (2021). Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 156-167.

## Öz

Günümüzde en yaygın körlük nedenlerinden biri olan Diyabetik Retinopati (DR), gözün retina ağ tabakasında yer alan kan damarlarında diyabete bağlı olarak oluşan hasarlanmalardır. Hastaların görme yetisini kaybetmemesi için DR'nin erken teşhis ve tedavisi hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada, DR'nin erken teşhis ve tedavisi için fundus görüntüleri kullanılarak derin öğrenme tabanlı bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, modelin aşırı öğrenmesinin engellenebilmesi için fundus görüntülerine iki boyutlu sinyal işleme teknikleri uygulanmıştır. İkinci aşamada, derin öğrenme tekniklerinden Evrişimli Sinir Ağı (ESA) ve transfer öğrenmesi yöntemleri kullanılarak sınıflandırma modeli oluşturulmuştur. Modelin eğitiminde 5100 fundus görüntü verisi kullanılmıştır. Elde edilen model sağlıklı (DR yok), hafif Non-Proliferatif DR (NPDR), orta NPDR, şiddetli NPDR ve Proliferatif DR (PDR) gibi 5 sınıfa içeren 900 fundus görüntü verisi üzerinde test edilmiştir. Modelin sağlamlığı 10-kat çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak doğrulanmıştır. Önerilen modelin sınıflandırma performansı %97.8 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, modelin sınıflandırma performansı literatürde yer alan üç model ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen modelin, DR'yi teşhis etmek için çok etkili ve başarılı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Diyabetik retinopati, Derin öğrenme, Fundus, Sınıflandırma, Evrişimli sinir ağı, Transfer öğrenme.

## Deep Learning-based Classification of Fundus Images for the Diagnosis of Diabetic Retinopathy

### Abstract

Diabetic Retinopathy (DR), one of the most common causes of blindness today, is damage to the blood vessels in the retinal mesh layer of the eye due to diabetes. Early diagnosis and treatment of DR is vital so that patients do not lose their sight. In this study, a deep learning-based model is developed using fundus images for the early diagnosis and treatment of DR. The developed model consists of two stages. In the first stage, two-dimensional signal processing techniques are applied to the fundus images to prevent overfitting of the model. In the second stage, the classification model is created by using deep learning techniques, Convolutional Neural Network (CNN) and transfer learning methods. 5100 fundus image data is used in the training of the model. The validity of the obtained model is tested on 900 fundus image data containing 5 classes such as No DR, mild Non-Proliferative DR (NPDR), moderate NPDR, severe NPDR and Proliferative DR (PDR). The robustness of the model is verified using the 10-fold cross validation method. The classification performance of the proposed model is measured as 97.8%. Moreover, the classification performance of the model is compared with the three models in the literature. The obtained results show that the proposed model is very effective and successful for diagnosing DR.

**Keywords:** Diabetic retinopathy, Deep learning, Fundus, Classification, Convolutional neural network, Transfer learning.

\* Sorumlu Yazar: [aytacaltan@beun.edu.tr](mailto:aytacaltan@beun.edu.tr)

## 1. Giriş

Diyabet, pankreasın yeterli miktarda insülin hormonu üretememesi veya insülin hormonunu etkili bir şekilde kullanamamasından dolayı vücuttaki kan şekerinin artmasıyla ortaya çıkan ve yaşam boyu süren metabolik bir hastalıktır. 2019 yılında Dünya’da diyabeti olan kişi sayısı 463 milyon olarak tahmin edilmektedir ve bu sayının 2030 yılında 578 milyona ulaşması beklenmektedir (Saeedi et al. 2019). En yaygın körlük nedenlerinden biri olan Diyabetik Retinopati (DR), diyabete bağlı olarak retina ağ tabakasında yer alan kan damarlarında meydana gelen hasarlanmalardır. DR’nin toplum içerisinde görülme sıklığı, diyabet süresine paralel olarak artmakta ve genel olarak diyabetlilerin %30’unda görülmektedir (Klein Kobrin 2007). Bu durum diyabet hastalarının görme yetenekleri için büyük risk oluşturmaktadır. DR’nin erken aşamada teşhis edilerek tedavi edilmesi diyabet hastalarının görme yeteneklerini kaybetmelerini önlemek ve DR ilerlemesini yavaşlatmak için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, diyabet hastalarının her yıl doktor gözetiminde taramadan geçmeleri gerekmektedir. Ancak, bu taramalar çok vakit almakta, iyi bir deneyim ve uzmanlık gerektirmektedir. Bu problemin üstesinden gelebilmek ve hekimlere yardımcı olabilmek için hızlı ve güvenilir bilgisayarlı otomatik tarama sistemlerinden faydalanmak günümüzde kaçınılmaz hale gelmiştir (Nazir et al. 2019).

DR hastalığı, Non-Proliferatif DR (NPDR) ve Proliferatif DR (PDR) olmak üzere iki kategoride incelenmektedir. NPDR hastalığın erken evresi, PDR ise ileri evresi olarak tanımlanmaktadır. Hastalığın NPDR evresi, hafif, orta ve şiddetli olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Hastalığın hafif NPDR evresinde, fundus görüntülerinde mikroanevrizmalar ve az sayıda küçük kanamalar görülmektedir. Hastalığın orta NPDR evresinde, fundus görüntülerinde retinal katmanın en az birinde yaygın şekilde artmış mikroanevrizmalar, kanamalar, eksudalar, venöz değişiklikler ve IntRaretnal Mikrovasküler Anomaliler (IRMA) gözlemlenmektedir. Hastalığın şiddetli NPDR evresinde ise fundus görüntülerinde baskın şekilde mikroanevrizmalar, kanamalar ve eksudalar ile birlikte yaygın arterioller tıkanıklıklar, venöz değişiklikler ve IRMA yoğunluğunda artışlar görülmektedir. Hastalığın PDR evresinde, NPDR evresindeki bulgulara ek olarak fundus görüntülerinde retinal neovaskülarizasyonlar ve minimal fibröz doku proliferasyonu bulguları tespit edilmektedir (Aiello 2003; Stratton et al. 2001). Bu bulgular hastaların görme yetilerinin azalmasına veya yok olmasına neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, görme yetisinin kaybedilmemesi için DR hastalığının erken safhada tespit edilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır.

Nazir ve arkadaşları (Nazir et al. 2019) gerçekleştirdikleri çalışmalarında DR hastalığını sınıflandırmak için anatomik çıkarımlardan bağımsız yeni bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntemde içerik tabanlı görüntü alma alanının araştırmasının özellik çıkarımı ve çok kategorili tanıma kavramlarını genişleterek yeni dört açılı yerel sekizli desenler (tetragonal local octa pattern-T-LOP) olarak adlandırdıkları yöntemle fundus görüntülerinden anatomik çıkarımlardan bağımsız özellik çıkarımı gerçekleştirmişlerdir. Sınıflandırma yöntemi olarak aşırı öğrenme makinesi (Extreme Learning Machine-ELM) kullanmışlardır. 44000’den fazla DR hastasını temsil eden 88704 adet fundus görüntüsünden oluşan veri setini kullanarak gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada ELM ile doğruluk, kesinlik ve geri çağırma sırasıyla %99.6, %99.1 ve %99.3 olarak

ölçülmüştür. Math ve Fatima (Math and Fatima 2021) tarafından DR ve DR lezyonlarını tespit etmek ve sınıflandırmak için derin öğrenmeden faydalanılarak bölütleme tabanlı öğrenme yaklaşımı önerilmiştir. Tüm retina görüntüleri, farklı kontrast, görüntü çözünürlüğü ve aydınlatmaya sahip fundus görüntüleri ve kitle taramasından alınmıştır. Elde edilen görüntü verilerine ön işleme uygulanmıştır. Görüntü bölütleleri önceden işlenmiş görüntü verilerinden çıkarılmış ve diyabetik retinopatinin bölüt seviyesi dikkate alınarak Evrişimli Sinir Ağı (Convolutional Neural Network-CNN) ile modellenmiştir. Düzensiz DR’nin lezyonunu daha iyi elde etmek için ise uçtan uca bölütleme tabanlı bir öğrenme yaklaşımı uygulanmıştır. Önerilen modelin başarımı yaklaşık olarak %96.3 ölçülmüştür. Şentürk (Şentürk 2020) çalışmasında, DR tanısı için veri madenciliği aracı olan Rapid Miner kullanarak Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network-ANN) temelli bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntemde sınıflandırma için Messidor veri setindeki fundus görüntülerinin özellikleri ve Rapid Miner ANN modelinin özellikleri, sadece doğrusal sınıflandırma problemlerine değil aynı zamanda doğrusal olmayan ve düşük hesaplama maliyetine sahip çok sınıflı problemlere çözüm sağladığı için retinopatisi olan olası diyabetik hastaların sınıflandırılması için kullanılmıştır. Önerilen yöntemin duyarlılığı ve doğruluğu sırasıyla %88.5 ve %76.1 olarak elde edilmiştir. Chakraborty ve arkadaşları (Chakraborty et al. 2020) tarafından DR teşhisi için denetimli öğrenme tabanlı bir ANN modeli önerilmiştir. Çalışmada, girdi olarak UCI makine öğrenme deposundaki retina görüntülerinden çıkarılan öznelikler kullanılmıştır. Elde edilen öznelikler, denetimli öğrenme tabanlı ileri beslemeli-geri yayımlı bir ANN mimarisine uygulanmıştır. Modelin başarımının yaklaşık olarak %97.2 olduğu rapor edilmiştir. Khan ve arkadaşları (Khan et al. 2020) tarafından DR tespiti için fundus görüntülerinin piksel değerlerini kullanan destek vektör makinesi (Support Vector Machine-SVM) tabanlı sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Sınırlı sayıda fundus görüntü verisi üzerinde test edilen modelin başarımı yaklaşık olarak %90 ölçülmüştür. Vijayan ve arkadaşları (Vijayan et al. 2020) ise DR sınıflandırması için öznelik çıkarımına dayalı bir makine öğrenmesi yöntemi önermişlerdir. Önerilen modelin ilk aşamasında, 35126 fundus görüntüsünden oluşan veri setindeki sınıfların görüntü sayılarının dengesizliğinin giderilmesi için rastgele oluşturucular ve rastgele alt örnek filtreleri kullanılmıştır. Modelin ikinci aşamasında, elde edilen görüntülerden Gabor filtresi kullanılarak toplam 61 öznelik çıkarılmıştır. Son aşamasında, fundus görüntüleri J48, k- en yakın komşu (K-Nearest Neighbors-KNN), rastgele orman (Random Forest-RF) ve OneR sınıflandırıcıları kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Deepa ve arkadaşları (Deepa et al. 2021) tarafından DR tespiti için makro ve mikro öznelik çıkarımına dayalı dört aşamadan oluşan aşırı öğrenme makinesi (Extreme Learning Machine-ELM) tabanlı model önerilmiştir. Önerilen modelin başarımı ANN ve KNN tabanlı sınıflandırıcı modellerin performansını ile kıyaslanmıştır. Önerilen sınıflandırıcı modelinin performansının yaklaşık olarak %93.2 olduğu belirtilmiştir. Dhakal (Dhakal et al. 2019) tarafından önerilen modelde öncelikle fundus görüntülerine histogram eşitleme tekniğinin uygulandığı belirtilmiştir. Elde edilen görüntülerden bölütleme ile optik disk, damarlar ve eksudalar çıkarılmıştır. Gri düzey birlikte oluşum matrisi ile öznelikler çıkarılmıştır. Sınıflandırma işlemi Adaboost ve CNN ile gerçekleştirilmiştir. Adaboost ve CNN teknikleri ile oluşturulan modellerin başarımı MESSIDOR ve EyePACS standart veri setleri için sırasıyla %73.9 ve %80.9 olarak ölçülmüştür.

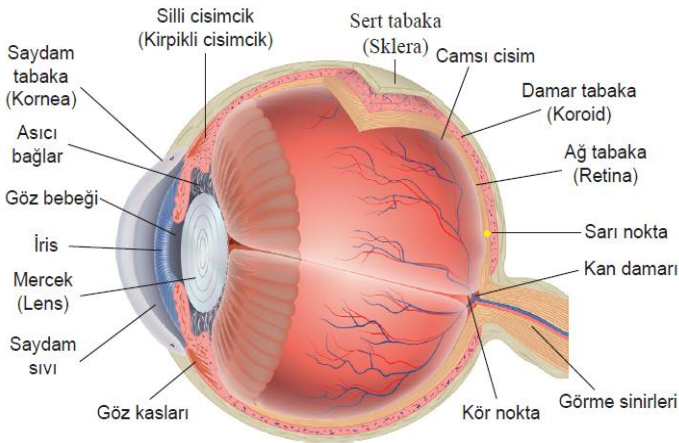
DR hastalığının tespit edilebilmesi için birçok uygulamalı mühendislik ve uçtan uca öğrenme tabanlı yaklaşımlar kullanılmaktadır (Nida et al. 2019), ancak hiçbir yaklaşım DR hastalığının hafif NPDR evresini yüksek doğrulukla sınıflandıramamaktadır. Hafif NPDR evrenin tespit edilmesi bu ölümcül hastalığın erken tedavisi ve kontrolü için hayati önem taşımaktadır (Qummar et al. 2019, Gayathri et al. 2020). Bu çalışmada, DR hastalığının hafif NPDR evresi dahil olmak üzere tüm evrelerinin yüksek doğrulukla ve hızlı şekilde tespit edilebilmesi için iki boyutlu sinyal işleme teknikleri, CNN ve transfer öğrenmesi yöntemleri kullanılarak derin öğrenme tabanlı DR hastalığı sınıflandırıcı modeli önerilmektedir. Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki şekilde organize edilmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde, DR hastalığının fundus görüntülerinden tanısı için önerilen metodoloji tanıtılmaktadır. Üçüncü bölümde, önerilen sınıflandırma modelinin deneysel sonuçları sunulmakta ve tartışılmaktadır. Son bölümde, çalışmanın sonuçları ve gelecek projeksiyonu vurgulanmaktadır.

## 2. Diyabetik Retinopati Hastalığının Teşhisi ve Sınıflandırılması

Bu bölümde, göz ve retinanın yapısı, DR hastalığının erken evrede teşhisinin önemi ile birlikte DR hastalığının tanısı için önerilen modelde dahil olmak üzere çalışmada kullanılan derin öğrenme mimari yapıları ve algoritmaları tanıtılmaktadır.

### 2.1. Retina Yapısı ve DR Hastalığı

Çeşitli mesafelerde bulunan nesnelerin renk ve biçim bilgilerini algılayarak insanın dış dünya ile etkileşimini sağlayan göz, yaklaşık olarak 2-2.5 cm çapında ve ortalama 10-12 gram ağırlığında küresel bir yapıya sahiptir. Dıştan içe doğru sert tabaka, damar tabaka ve retina tabaka olmak üzere temelde üç tabakadan oluşan insan gözünün anatomisi Şekil 1'de görülmektedir (Willoughby et al. 2010).

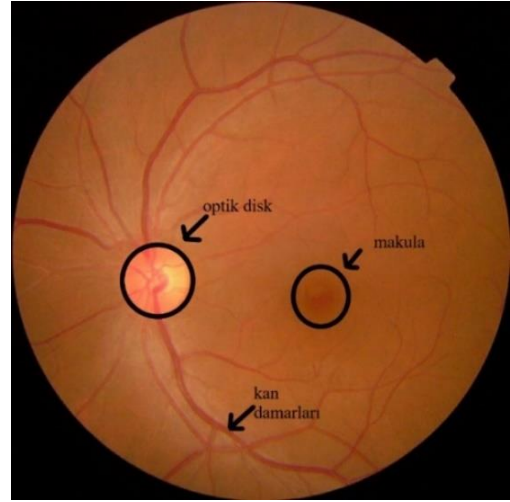


Şekil 1. İnsan gözü anatomisi.

Gözün en dış kısmında bulunan sert tabaka, göze gelen ışınların ilk defa kırıldığı bölgedir. Bu tabaka, gözün içi ile dışı arasında koruyucu bir görev yapar. Sert tabakanın iç kısmında bulunan damar tabaka retinanın kanlanması ve beslenmesini sağlar. Göz küresinin iç yüzeyini kaplayan retina tabaka ise, görme işleminin gerçekleştiği bölümdür. Retina tabakasında renge ve ışığa duyarlı sinir hücreleri bulunmaktadır. Bu hücreler retina üzerine kırılarak gelen ışığı elektriksel sinyallere dönüştürmekte ve merkezi sinir sistemine iletilebilmesi için optik sinire aktarmaktadır. Merkezi sinir sistemine iletilen sinyaller ile

görüntü algılanmaktadır (Willoughby et al. 2010; Grossniklaus et al. 2015).

Optik sinirlerin sert tabakayı delerek geçtiği retinanın merkezinde bulunan bölüm optik disk olarak tanımlanmaktadır. Bu bölüm ışığa duyarlı hücreler içermediği için 'kör nokta' olarak da adlandırılmaktadır (İnan 2014). Retinanın ortasına doğru olan kısımda makula yer alır. 4-5 mm çapına sahip olan makulanın merkezinde fovea bulunmaktadır. Sarımsı renkli bir pigment içermesinden dolayı 'sarı nokta' olarak da adlandırılan foveada keskin görme sağlanmaktadır (Hood et al. 2013). Retina'nın temel yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir. Retina yapısının bozulması, görme fonksiyonlarında retina yırtığı, retina dekolmanı, sarı nokta hastalığı, retinal ven ve retinal arter tıkanıklıkları, epiretinal membran, makula deliği, göz travmaları ve şeker hastalığına bağlı olarak gelişen DR gibi bazı problemleri beraberinde getirebilmektedir (La Cour and Friis 2002). Retinada görülen hastalıkların en önemlilerinden biri hiç şüphesiz şeker hastalığına bağlı gelişen DR'dir. DR hastalığı tedavi edilmediğinde, ilerleyen süreçte kişide kalıcı körlük durumuna sebep olabilmektedir. Bu nedenle DR'nin teşhis ve tedavisinin erken safhada yapılabilmesi önem arz etmektedir (Kramer et al. 2011).



Şekil 2. Retina temel yapısı.

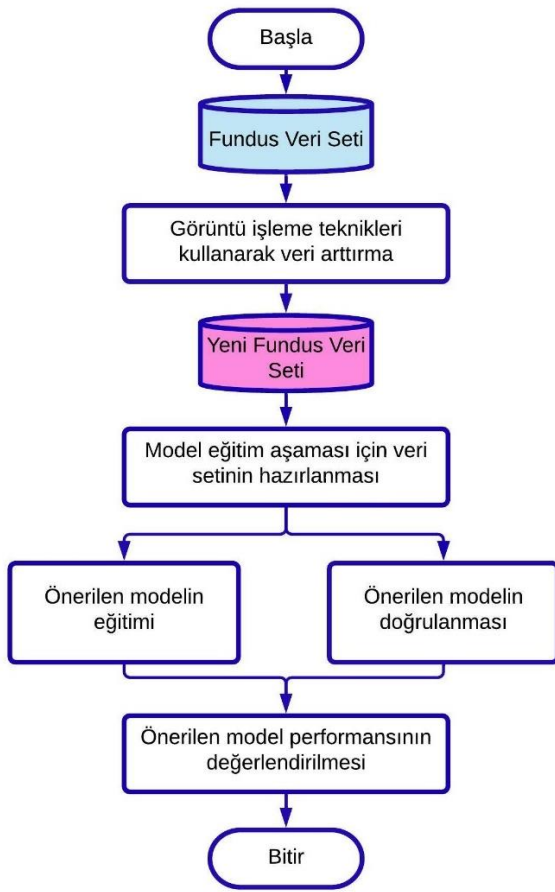
DR hastalığının görülme olasılığı dikkate alındığında diyabet hastalarının her yıl düzenli olarak retina taramasından geçmeleri gerekmektedir. Günümüzde, retina taramalarında yaygın biçimde Fundus Floresin Anjiyografisi (FFA) tekniği kullanılmaktadır. Retina hastalıklarına karşı kan damarlarının incelenmesi için sıklıkla kullanılan bu yöntemde, mavi ışık altında floresans veren sarı-turuncu renkli floresin adlı madde insan vücuduna koldan verilerek damarsal görüntüler elde edilmektedir. Bu teknikle DR teşhisi deneyimli ve uzman bir hekim tarafından FFA görüntüleri incelenerek konulabilmektedir (Antcliff et al. 2000). DR hastalığının erken evrelerinde hem hastalığın belirti göstermemesi hem de insan kaynaklı FFA inceleme hatalarından dolayı hastalara erken aşamada DR teşhisi konulamayabilmektedir. Bu durum, hastalığın hızla ilerlemesine yol açmakta ve tedavi sürecini zorlaştırmaktadır (Qummar et al. 2019).

### 2.2. Fundus Görüntülerinden DR Hastalığının Teşhisi ve Sınıflandırma Metodolojisi

Bu bölümde, DR hastalığının teşhisi ve evrelerinin sınıflandırılması için fundus görüntülerinden oluşan veri seti ile geliştirilen modelin çerçevesi tanıtılmaktadır. DR hastalığının sınıflandırılması için önerilen çerçevenin içeriği; fundus



görüntülerinin ön işlenmesi, önerilen CNN algoritmasının eğitim aşaması ve elde edilen modelin test için ayrılan fundus görüntü veri kümesi üzerinde test edilme aşamasından oluşmaktadır. Önerilen modelin ön işleme aşamasında, fundus görüntülerinin boyutlandırılması, normalizasyonu ve görüntü işleme teknikleri ile veri artırma işlemleri yapılmaktadır. Ön işleme tabi tutulan fundus görüntüleri kullanılarak VGG-19 mimarisine sahip CNN algoritması ile modelin eğitimi gerçekleştirilmektedir. Fundus görüntülerinden oluşan veri setinin %70'i öznitelik matrislerinin oluşturulması, özniteliklerin seçimi ve fundus görüntülerinin sınıflandırılması için önerilen modelin eğitimi için kullanılmaktadır. Veri setinin geri kalan %30'luk kısmının yarısı modelin geçerliliği diğer yarısı ise modelin performansının test edilmesi için kullanılmaktadır. Modelin performansı doğruluk, kesinlik, geri çağırma, F1-skoru gibi sınıflandırma performans metrikleri ile ölçülmektedir. DR hastalığının teşhisi ve sınıflandırılması için önerilen modelin akış şeması Şekil 3'te sunulmaktadır.



Şekil 3. DR hastalığının teşhisi için önerilen modelin akış şeması.

### 2.3. Derin Öğrenme ve Evrişimli Sinir Ağı

Derin öğrenme, insan beyni ile etkileşim halinde olan sinir hücrelerine benzetilerek tasarlanmış ve çok büyük miktarda etiketlenmiş verilerden özellikleri tespit edebilen sistemler oluşturmak için birden fazla art arda katmandan oluşan derin sinir ağlarının kullanıldığı bir yapay zekâ yöntemidir (Chan et al. 2015). Derin öğrenmenin temelinde çok katmanlı yapay sinir ağları yer almaktadır. Katmanların oluşturulması için birden fazla nöron bir araya gelmektedir. Oluşturulan katmanların birbiri ardına sıralanmasıyla oluşan yapay sinir ağı Derin Sinir Ağı (DSA) olarak da adlandırılmaktadır. Buradaki derin ifadesi oluşturulan ağdaki katman sayısını işaret etmektedir. Katman sayısı arttıkça ağ yapısı derinleşmektedir. Klasik yapay sinir ağları

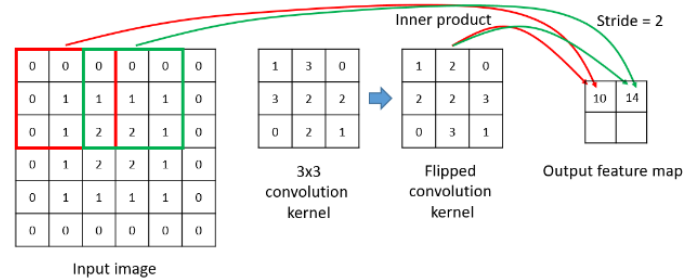
iki veya üç katmandan meydana gelirken DSA yüzlerce katmandan meydana gelebilmektedir. Veri kümeleri bu katmanlardan geçirildiğinde DSA, verilerin sınıflandırılması için özniteliklerin hesaplanmasına yardımcı olmaktadır. Katmanları oluşturan nöronların optimum ağırlık matrisleri, kayıp fonksiyon değerini minimize etmek için optimizasyon algoritması kullanılarak hesaplanmaktadır. DSA'nın eğitilmesi belirli sayıda epok ile gerçekleştirilmekte ve her epoktan sonra nöronların ağırlıkları güncellenerek kayıp fonksiyonu değerinin azalması doğru gitmesi sağlanmaktadır.

CNN, bir girdi ve bir çıktı katmanının birden fazla gizli katman ile birlikte kullanılmasından oluşan genel bir yapay sinir ağı modelidir. Modele sunulan giriş verisi bir nöron tarafından alınır ve katmanlarda bazı fonksiyonlara tabi tutularak çıkış verisine ulaşılır (Indolia et al. 2018). Genel olarak CNN,

$$F(X, W) = Y \quad (1)$$

ile ifade edilmektedir. Burada,  $X$  vektörel olarak giriş verisini  $Y$  ise çıkış vektörünü temsil etmektedir. İki bitişik katmanın nöronları arasındaki bağlantının ağırlık vektörü  $W$  ile gösterilmektedir. Ağırlık vektörü bağlantının gücünü temsil etmek için kullanılmaktadır. Sınıflandırma işlemi bu ağırlık vektörü ile gerçekleştirilmektedir. CNN, ağırlık vektörü yardımı ile elde edilen bağlamsal bilgi doğrultusunda verileri sınıflandırabilme yeteneği ile sınıflandırma problemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Han et al. 2018). Çalışmada önerilen CNN modeli VGG-19 mimarisine göre oluşturulmaktadır.

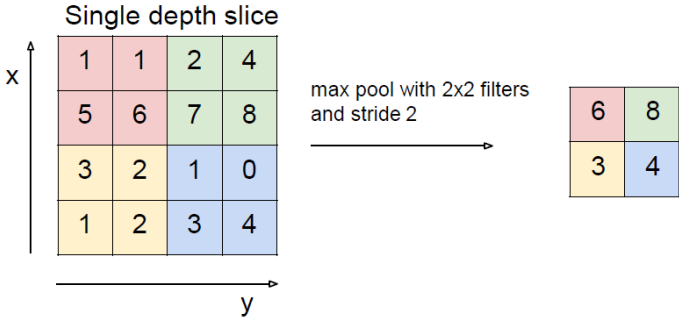
CNN, evrişim katmanı, havuzlama katmanı, aktivasyon katmanı ve tam bağlantı katmanı olmak üzere dört katmandan oluşmaktadır. Evrişim işlemi, görüntü piksellerinin üzerinde kaydırılarak uygulanan filtreler ile gerçekleştirilmektedir. Filtreler, görüntüdeki piksel değerleriyle çarpılan bir ağırlık matrisidir. İki boyutlu bir evrişim işlemi Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. İki boyutlu evrişim işlemi.

CNN'lerde evrişim katmanının ard arda olması, görüntünün özellik haritalarını çıkarmakta ve görüntüdeki karmaşık desenleri çözümlenmektedir. Evrişimli katmanlardan çıkan özellik haritaları, bir aktivasyon fonksiyonuyla beslenmektedir. Bu fonksiyon genelde doğrultulmuş doğrusal birim olarak bilinen ReLU (Rectified Linear Unit-ReLU) aktivasyon fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Havuzlama katmanları, evrişimli katmandan gelen özellik haritalarındaki temel bilgileri koruyarak haritaların boyutlarının azaltılmasını sağlamaktadır (Hossin and Sulaiman 2015). Havuzlama işlemi Şekil 5'te sunulmaktadır. Bu işlem ile parametrelerin sayısı dolayısıyla yapılacak olan işlemin hesaplama maliyeti azaltılmaktadır.





Şekil 5. Havuzlama işlemi.

### 2.3.1. Transfer Öğrenme

Transfer öğrenme, derin öğrenmede sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Bu yöntem tüm modelin sıfırdan inşa edilemediği durumlarda oldukça faydalıdır. Transfer öğrenmenin temelinde, büyük bir veri kümesi üzerinde büyük ölçekli görüntü sınıflandırma görevinde eğitilmiş modeli kullanma ve bilgilerini küçük bir veri kümesine aktarma işlemi yer almaktadır. Buradaki düşünce önceden eğitilmiş modelin ağırlıklarını kullanarak küçük veri kümesinin özneliklerini çıkarmak ve model parametrelerini hassas şekilde ayarlamaktır (Khan et al. 2019). Bu nedenle çalışmada daha önce ImageNet veri seti (Russakovsky et al. 2015) ile eğitilmiş VGG-19 ağı ile oluşturulan bir model önerilmektedir. Önerilen modelin performansı ImageNet veri seti ile eğitilmiş Xception, InceptionV3 ve Resnet101 mimarileri ile oluşturulmuş üç modelin performansı ile kıyaslanmaktadır.

**VGG-19:** Görsel Geometri Grup Ağı (Visual Geometry Group Network-VGGNet), Simonyan ve Zisserman tarafından ortaya konulan çok katmanlı bir derin sinir ağıdır. Çalışmada önerilen VGG-19 mimarisi 16 evrişim katmanı ve 3 tam bağlantılı

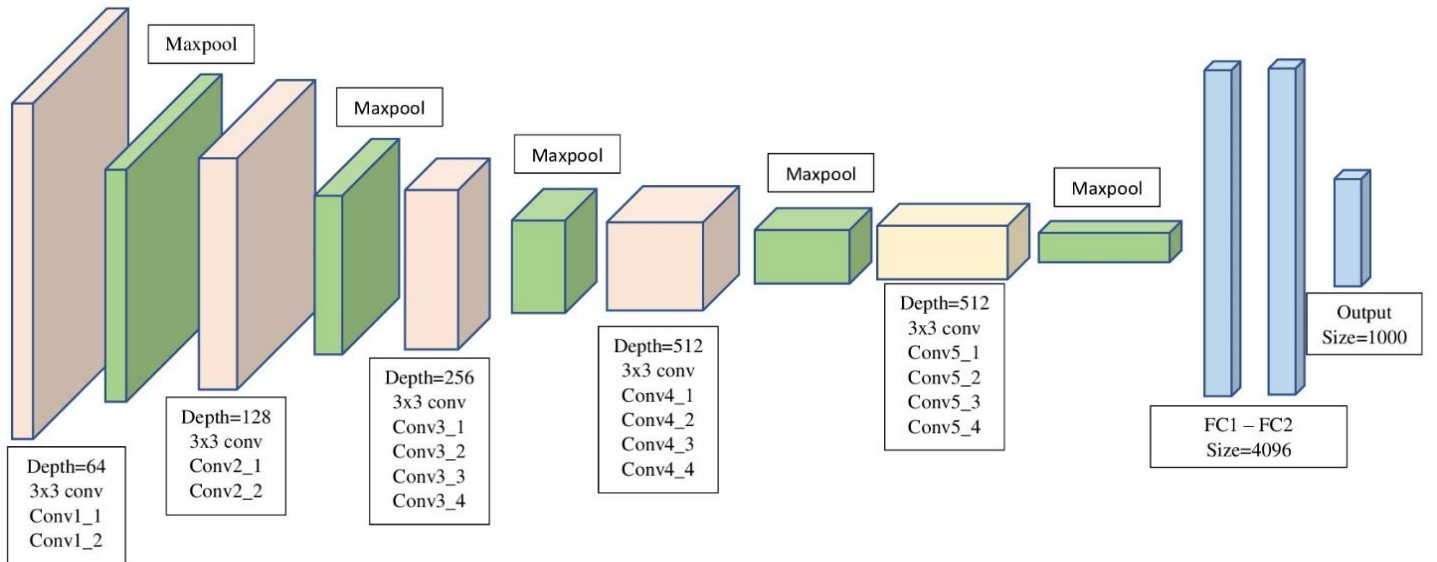
katman olmak üzere toplam 19 katmandan oluşmaktadır. Mimari, derinlik seviyesinin artması için adım aralığı 1 olan  $3 \times 3$  boyutunda evrişimli katmanlar içerdiği için oldukça kullanışlıdır. ReLu aktivasyon fonksiyonu ile her evrişimli katmandan sonra modelin sınıflandırma performansı iyileştirilmekte ve hesaplama süresi en aza indirilmektedir. Özneliklerin boyutunun azaltılabilmesi için beş adet maksimum havuzlama katmanı kullanılmaktadır (Simonyan and Zisserman 2014).

Bu çalışmada düşük hesaplama maliyeti, kullanılabilirlik, yüksek hız ve yüksek doğruluk dikkate alınarak Şekil 6'da gösterilen VGG-19 mimarisi kullanılmaktadır. VGG-19 temel ağının blok evrişim katmanlarının ardına sırasıyla 512, 256 ve 5 nöronlu üç adet tam bağlantılı katman eklenmektedir. Ayrıca, 512 ve 256 nöronlu tam bağlantılı katmanlara sırasıyla 0.01 ve 0.1 oranında kernel regülarizasyonu uygulanmaktadır. Elde edilen modelin aşırı öğrenmesinin önüne geçilebilmesi için 0.2 oranında iletim sönümü katmanı kullanılmaktadır.

**Xception:** Xception, Keras üreticisi Francois Chollet tarafından önerilen bir mimardır. Çok sayıda katman ve derin ayrılabilir evrişimli katmanlar içermektedir (Chollet 2017).

**InceptionV3:** Szegedy ve arkadaşları tarafından V2 ve V1 modelleriyle birlikte önerilen InceptionV3, temelinde CNN algoritmasına dayanmaktadır. Diğer V2 ve V1 modellerinden farkı evrişim katmanlarına ek olarak yardımcı sınıflayıcı küme normalizasyonu ve tam bağlantılı katmanlara sahiptir (Szegedy et al. 2016).

**ResNet101:** 101 katman derinliğinde CNN tabanlı bir mimari olan ResNet101, ImageNet veri seti ile önceden eğitilmektedir. Geniş bir görüntü yelpazesine sahip olan ağ, 1000 nesneyi kategorilerine ayırabilmektedir (He et al. 2016).



Şekil 6. Önerilen modelde kullanılan VGG-19 mimarisi.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

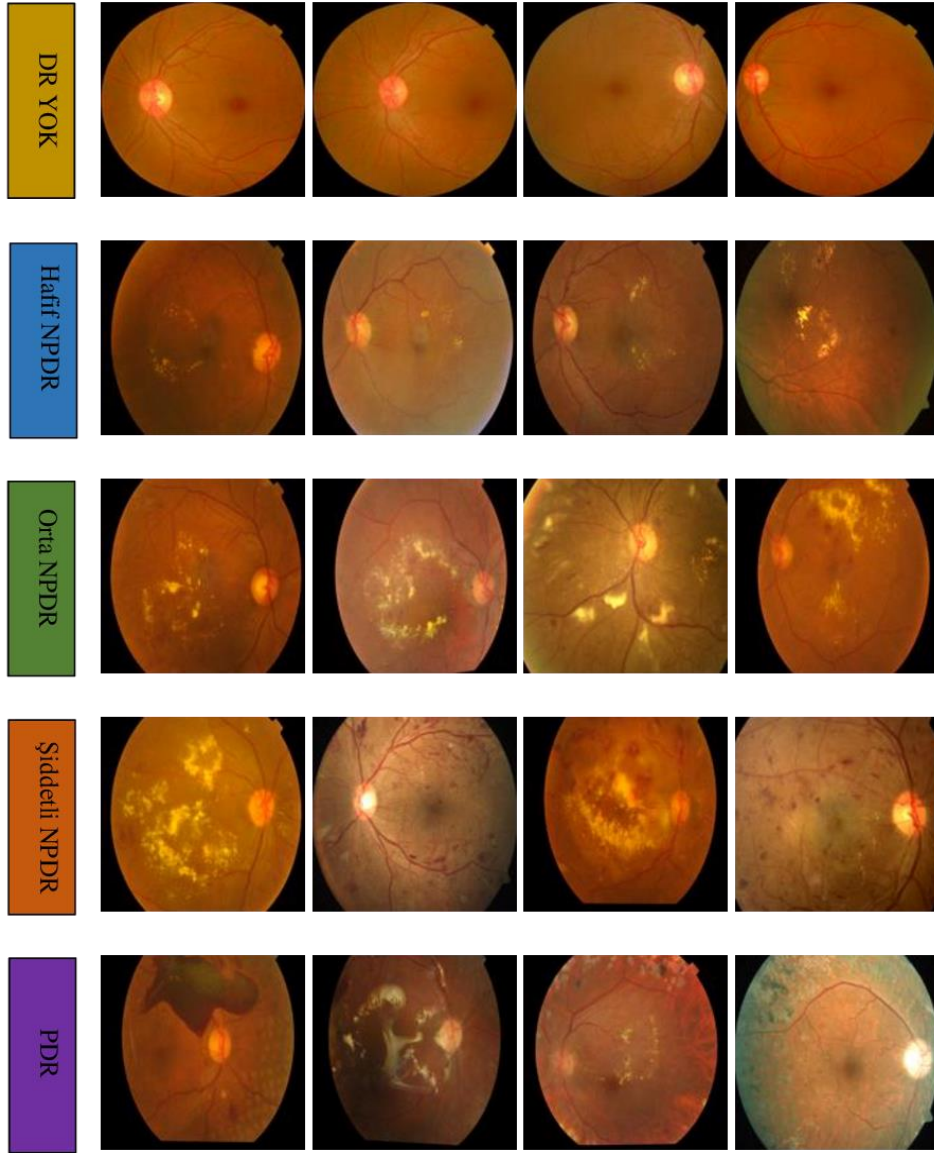
Bu bölümde, DR hastalığının “DR yok, Hafif NPDR, Orta NPDR, Şiddetli NPDR ve PDR” şeklinde sınıflandırılarak teşhis

edilebilmesi için önerilen VGG-19 modelinin sınıflandırma performansı belirlenmesine yönelik çalışmalar yer almaktadır. Çalışmada her bir sınıf için 1200 olmak üzere toplam 6000 fundus görüntüsü kullanılmaktadır. Önerilen modelin performansının ölçülmesinde kullanılan hata metrikleri tanımlanmaktadır. Önerilen modelin başarımı Xception, InceptionV3 ve ResNet101 modelleri ile elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmaktadır.

### 3.1. DR Veri Seti

Çalışmada, Asya Pasifik Tele-Oftalmoloji Derneği (Asia Pacific Tele-Ophthalmology Society-APTOS) tarafından düzenlenen DR sınıflandırma yarışması için deneysel olarak elde edilerek hazırlanan veri seti kullanılmaktadır (APTOS 2019). Fundus görüntülerinden oluşan veri seti, Hindistan'daki Aravind Göz Hastanesi teknikerleri tarafından fundus fotoğrafçılığı kullanılarak çeşitli görüntüleme koşulları altında birden fazla klinikten toplanan toplam 3662 retina görüntüsünden oluşmaktadır. Veri setinde .png formatında yer alan retina görüntülerinin çözünürlüğü  $474 \times 358$  ile  $3388 \times 2588$  piksel

arasında değişmektedir. Fundus görüntülerinden oluşan veri setinde, 1805 adet "DR Yok", 370 adet "Hafif NPDR", 999 adet "Orta NPDR", 193 adet "Şiddetli NPDR" ve 295 adet "PDR" sınıfına ait retina görüntüleri yer almaktadır. Veri seti incelendiğinde, sınıflara ait görüntülerin sayısındaki dengesizlik dikkati çekmektedir. Model başarımının ve sağlamlılığının iyileştirilebilmesi için her bir sınıftan 193 adet olmak üzere toplam 965 retina görüntüsünden oluşan veri setine boyutlandırma, normalizasyon ve veri artırma teknikleri uygulanarak veri setindeki retina görüntüleri, görüntü ön işleme aşamasından geçirilmekte ve her bir sınıf için 1200 retina görüntüsünden oluşan fundus veri setine genişletilmektedir. Çalışmada kullanılan veri setinde her bir sınıf için 1007 adet sentetik ve 193 adet gerçek retina görüntüsü yer almaktadır. Genişletilen veri seti ile veri çeşitliliğinin sağlanması ve oluşturulan modelin aşırı öğrenmesinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada kullanılan fundus veri setindeki "DR Yok, Hafif NPDR, Orta NPDR, Şiddetli NPDR ve PDR" sınıflarına ait retina görüntülerinin enine kesiti Şekil 7'de sunulmaktadır.



Şekil 7. DR hastalığının "DR Yok, Hafif NPDR, Orta NPDR, Şiddetli NPDR ve PDR" evrelerine örnek fundus görüntüleri.

### 3.2. Performans Metrikleri

Karışıklık matrisi, gerçek pozitif (True Positive-TP), gerçek negatif (True Negative-TN), yanlış pozitif (False Positive-FP) ve yanlış negatif (False Negative-FN) terimlerinden oluşan bir matristir. TP, gerçek ve tahmini değerin 1 olduğu örnekleri temsil etmektedir. TN, gerçek ve tahmini değerin 0 olduğu örnekleri ifade etmektedir. FP, gerçek değerin 0, tahmini değerin 1 olduğu örnekleri göstermektedir. FN ise gerçek değerin 1, tahmini değerin 0 olduğu örnekleri belirtmektedir. Çalışmada oluşturulan DR hastalığı teşhis modellerinin performansının değerlendirilmesinde kullanılan ve karışıklık matrisine göre hesaplanan performans metrikleri

$$\text{Doğruluk (Acc)} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

$$\text{Kesinlik (Prec)} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

$$\text{Geri Çağırma (Rec)} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$\text{F1 - skoru} = \frac{2 \times \text{Rec} \times \text{Prec}}{\text{Rec} + \text{Prec}} \quad (5)$$

ile ifade edilmektedir. DR hastalığının teşhisi için önerilen modelin ve çalışmada kullanılan diğer modellerin performansları doğruluk, kesinlik, geri çağırma, F1-skoru gibi sınıflandırma performans metrikleri ile ölçülmektedir.

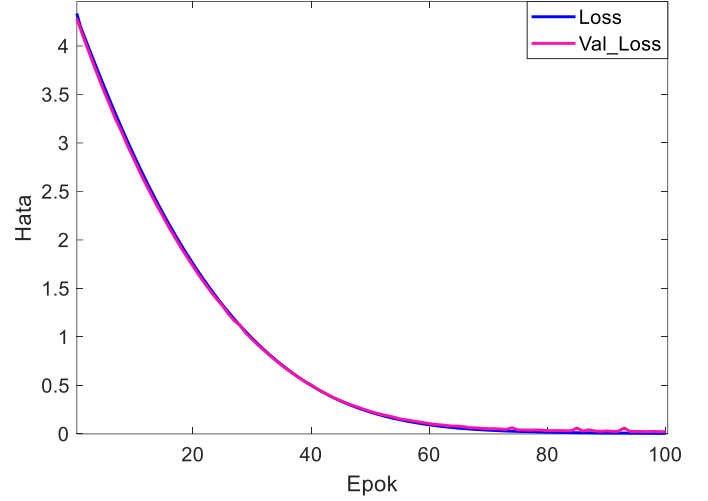
Doğruluk oranı, sınıflandırıcının ne sıklıkla doğru tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür. Kesinlik, pozitif sınıfa ait olan ve pozitif sınıfa atanan örneklerin oranını ifade etmektedir. Geri çağırma, pozitif olarak tahmin edilmesi gereken değerlerin ne kadarının pozitif olarak tahmin edildiğini belirtmektedir. F1-skoru, hem geri çağırma hem de kesinlik endişelerini aynı anda tek bir sayıda dengeleyen tek bir skor sağlamaktadır.

### 3.3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

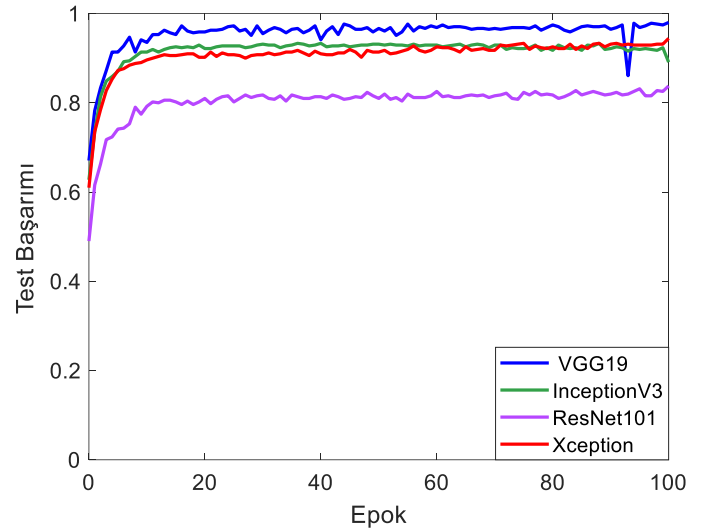
Önceden eğitilmiş bir derin öğrenme modeli olan VGG-19 modeli, girişte en az  $32 \times 32$  piksel boyutlu, en fazla  $224 \times 224$  piksel boyutlu görüntü almaktadır. Görüntünün boyutu arttıkça kullanılan bilgisayarın RAM'i üzerindeki hesaplama yükü de artmaktadır. Bu nedenle, fundus görüntüleri üzerinde  $150 \times 150$  piksel boyutunda ölçeklendirme yapılmaktadır. Modelin eğitimi esnasında, Adam optimizasyon tekniği kullanılarak dönem (epok) başına öğrenme güncellenmektedir. Önerilen modelde learning rate, batch size ve epok değerleri sırasıyla  $10^{-5}$ , 32 ve 100 olarak ayarlanmaktadır. Modelin eğitiminde veri setinin %70'i kullanılmaktadır. Veri setinin geri kalan %30'luk kısmının yarısı ile modelin geçerliliği test edilmektedir. Model, 10 kat çapraz doğrulama yöntemi ile doğrulanmaktadır.

Fundus görüntülerine yönelik tüm deneyler, Intel Core i7-10875H işlemci, 8 GB NVIDIA GeForce RTX 3070 grafik kartı ve 16 GB RAM'e sahip kişisel bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Tüm kodlar MATLAB 2020b ile derlenmiştir. Önerilen modelin eğitim aşamasındaki hataların epoklara göre değişimi Şekil 8'de gösterilmektedir. Her epok için modelin eğitim ve geçerlilik aşamasındaki hatanın birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu durum modelin aşırı öğrenme durumuna düşmediğini garanti etmektedir. Önerilen model içerisinde yer alan L2 düzenleyici ve

seyreltme katmanının modelin aşırı öğrenmesini engellediği Şekil 8 yardımıyla doğrulanmaktadır. Önerilen modelin eğitim süresi epok başına ortalama 2.1 dakikadır. Modelin toplam eğitimi yaklaşık 3.5 saatte tamamlanmıştır. Önerilen model ile birlikte çalışmada kullanılan Xception, InceptionV3 ve ResNet101 modellerinin her bir epok değeri için test başarımları Şekil 9'da sunulmuştur. Önerilen modelin test başarımının diğer modellere kıyasla yüksek olduğu görülmektedir.

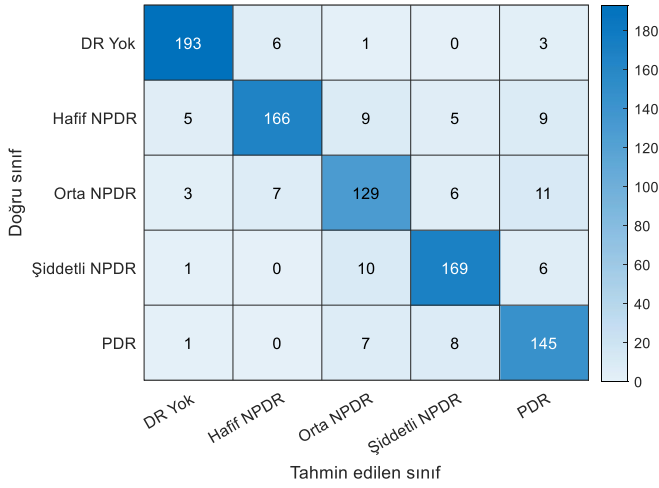


Şekil 8. Önerilen modelin kayıp fonksiyonunun her bir epok değerine göre değişimi.

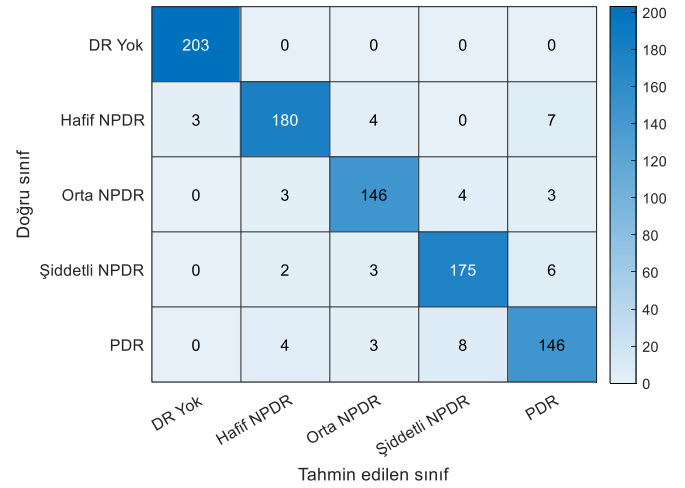


Şekil 9. Çalışmada kullanılan modellerin her bir epok değerine göre test başarımları.

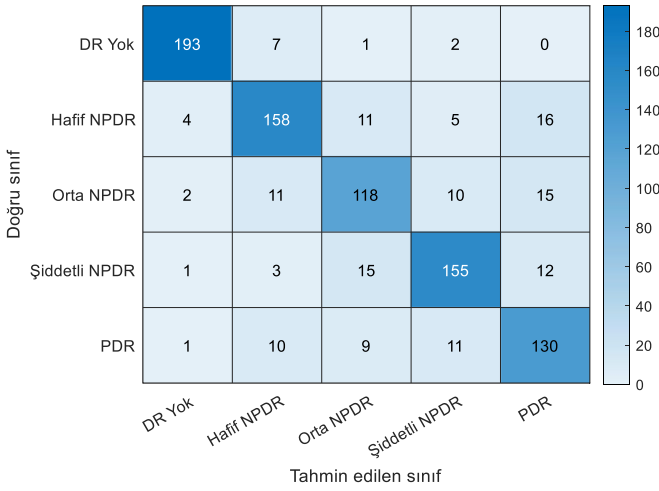
Çalışmada bahsedilen InceptionV3, Xception, ResNet101 modelleri ile birlikte önerilen DR sınıflandırma modelinin "DR Yok, Hafif NPDR, Orta NPDR, Şiddetli NPDR ve PDR" sınıflandırmasındaki karışıklık matrisi sırasıyla Şekil 10-13'te gösterilmiştir. Çalışmada bahsedilen dört DR teşhis modeli için elde edilen karışıklık matrisleri ve test başarımları birlikte değerlendirildiğinde, önerilen VGG-19 mimarisine sahip derin öğrenme modelinin sınıflandırma performansının diğer modellere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir.



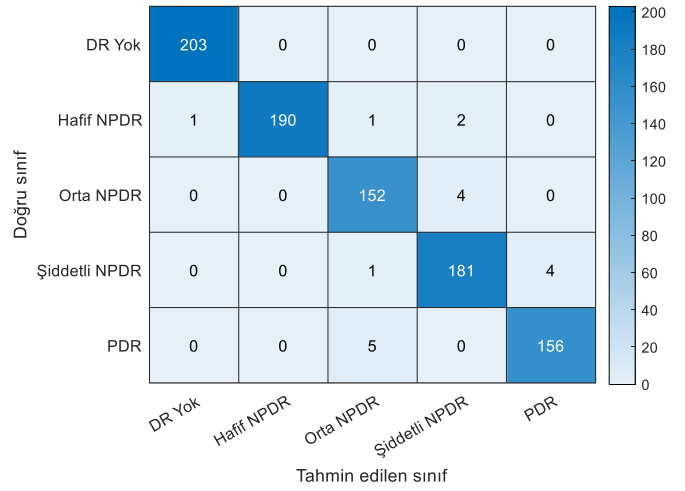
Şekil 10. InceptionV3 modeli ile DR sınıflandırması için elde edilen karışıklık matrisi.



Şekil 11. Xception modeli ile DR sınıflandırması için elde edilen karışıklık matrisi.



Şekil 12. ResNet101 modeli ile DR sınıflandırması için elde edilen karışıklık matrisi.



Şekil 13. VGG-19 modeli ile DR sınıflandırması için elde edilen karışıklık matrisi.

Doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru performans ölçütlerine göre önerilen model ile birlikte Xception, InceptionV3, ResNet 101 modellerinin her bir kat için başarımları sırasıyla Tablo 1-4’de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, VGG-19 mimarisinin beşinci katmanına kadar olan ağırlıkların kullanılmasının önerilen DR teşhis modelinin performansının iyileştirilmesinde belirgin şekilde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, belirtilen performans ölçütleri dikkate alındığında önerilen modelin DR hastalığı sınıflandırma başarımının belirtilen diğer modellere kıyasla oldukça üstün olduğu gözlemlenmiştir.

ResNet101 modelinin her bir kat için doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru performans ölçütleri Tablo 4’de verilmiştir. ResNet101 modelinin tüm katlar için ortalama doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru değerleri sırasıyla %84.9, %84.5, %84.5 ve %84.4 olarak ölçülmüştür. Tablo 4 incelendiğinde, modelin belirtilen ölçütlere göre performansının yaklaşık olarak %85 olduğu görülmektedir. InceptionV3 modelinin tüm katlar için ortalama doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru değerleri sırasıyla %88.5, %88.2, %88.2 ve %88.1 olarak ölçülmüştür.

Tablo 3 incelendiğinde, modelin belirtilen ölçütlere göre performansının yaklaşık olarak %88 olduğu görülmektedir. Xception modelinin tüm katlar için ortalama doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru değerleri sırasıyla %95.4, %95.2, %95.2 ve %95.1 olarak ölçülmüştür. Tablo 2 incelendiğinde, modelin belirtilen ölçütlere göre performansının yaklaşık olarak %95 olduğu görülmektedir. Önerilen VGG-19 mimarisine sahip CNN tabanlı derin öğrenme modelinin tüm katlar için ortalama doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru değerleri sırasıyla %97.8, %97.6, %97.7 ve %97.6 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, modelin “DR yok” vakalarını teşhis etmede %100 başarı gösterdiği dikkate çekmektedir. Önerilen model, “Hafif NPDR” vakalarını teşhis etmede %97.9, “Orta NPDR” vakalarını teşhis etmede %97.4, “Şiddetli NPDR” vakalarını teşhis etmede %97.3 ve “PDR” vakalarını teşhis etmede %96.9 performans göstermiştir. Şekil 10-13 ve Tablo 1-4 birlikte değerlendirildiğinde, önerilen modelin hafif NPDR vakalarını diğer üç modele kıyasla üstün bir performansla sınıflandırdığı görülmektedir. Hafif NPDR vakalarını %97.9 başarı ile sınıflandıran modelin alanında uzman hekimlerce bu evre için teşhis konulmasında oldukça etkili olduğu açıkça görülmektedir.



*Tablo 1. DR Teşhisi ve Sınıflandırması için Önerilen Modelin Performansı*

<b>Model/Kat</b>		<b>Acc (%)</b>	<b>Prec (%)</b>	<b>Rec (%)</b>	<b>F1-skoru (%)</b>
<b>VGG-19</b>	<i>Kat 1</i>	98.0	97.8	98.7	98.0
	<i>Kat 2</i>	96.6	96.4	96.4	96.2
	<i>Kat 3</i>	98.0	98.0	98.0	98.0
	<i>Kat 4</i>	97.7	97.4	97.6	97.4
	<i>Kat 5</i>	96.9	96.6	97.0	96.8
	<i>Kat 6</i>	98.2	98.0	98.0	98.0
	<i>Kat 7</i>	98.3	98.2	98.0	98.2
	<i>Kat 8</i>	97.6	97.4	97.6	97.6
	<i>Kat 9</i>	97.7	97.6	97.6	97.6
	<i>Kat 10</i>	98.2	98.2	98.2	98.0
	<b>Ortalama</b>	<b>97.8</b>	<b>97.6</b>	<b>97.7</b>	<b>97.6</b>

*Tablo 2. DR Teşhisi ve Sınıflandırması için Xception Modelinin Performansı*

<b>Model/Kat</b>		<b>Acc (%)</b>	<b>Prec (%)</b>	<b>Rec (%)</b>	<b>F1-skoru (%)</b>
<b>Xception</b>	<i>Kat 1</i>	94.4	94.4	94.4	94.4
	<i>Kat 2</i>	94.8	94.6	94.6	94.4
	<i>Kat 3</i>	94.4	94.2	94.2	94.4
	<i>Kat 4</i>	95.8	95.6	95.6	95.6
	<i>Kat 5</i>	96.7	96.4	96.6	96.4
	<i>Kat 6</i>	95.6	95.6	95.2	95.2
	<i>Kat 7</i>	95.6	95.4	95.4	95.4
	<i>Kat 8</i>	95.6	95.4	95.4	95.2
	<i>Kat 9</i>	95.7	95.4	95.6	95.4
	<i>Kat 10</i>	95.2	95.2	94.8	95.0
	<b>Ortalama</b>	<b>95.4</b>	<b>95.2</b>	<b>95.2</b>	<b>95.1</b>

Tablo 3. DR Teşhisi ve Sınıflandırması için InceptionV3 Modelinin Performansı

Model/Kat		Acc (%)	Prec (%)	Rec (%)	F1-skoru (%)
<b>InceptionV3</b>	<i>Kat 1</i>	89.1	89.0	88.8	88.8
	<i>Kat 2</i>	88.7	88.2	88.6	88.4
	<i>Kat 3</i>	88.8	88.4	88.2	88.2
	<i>Kat 4</i>	89.3	89.0	89.0	88.8
	<i>Kat 5</i>	87.3	87.0	87.0	86,8
	<i>Kat 6</i>	89.0	88.6	88.6	88,4
	<i>Kat 7</i>	89.0	88.6	89.0	88.6
	<i>Kat 8</i>	87.4	87.2	87.6	87.0
	<i>Kat 9</i>	89.3	89.0	88.6	89.0
	<i>Kat 10</i>	86.9	86.6	87.0	86.6
	<b>Ortalama</b>	88.5	88.2	88.2	88.1

Tablo 4. DR Teşhisi ve Sınıflandırması için ResNet101 Modelinin Performansı

Model/Kat		Acc (%)	Prec (%)	Rec (%)	F1-skoru (%)
<b>ResNet101</b>	<i>Kat 1</i>	83.8	83.2	83.4	83.4
	<i>Kat 2</i>	84.9	84.8	84.6	84.4
	<i>Kat 3</i>	83.7	83.2	83.4	83.2
	<i>Kat 4</i>	84.2	83.8	83.8	84.0
	<i>Kat 5</i>	84.7	84.0	84.2	84.2
	<i>Kat 6</i>	85.0	84.6	84.4	84.4
	<i>Kat 7</i>	86.1	86.0	85.8	85.6
	<i>Kat 8</i>	85.8	85.2	85.4	85.4
	<i>Kat 9</i>	85.2	85.0	84.6	84.6
	<i>Kat 10</i>	85.6	85.2	85.2	85.2
	<b>Ortalama</b>	84.9	84.5	84.5	84.4

## 4. Sonuçlar ve Gelecekteki Çalışmalar

Gözün retina ağ tabakasında yer alan kan damarlarında diyabete bağlı oluşan hasarlanmalar olarak tanımlanan DR hastalığının erken aşamada teşhisi ve tedavisi hastaların görme yetilerini kaybetmelerinin önüne geçilebilmesi için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada, DR hastalığının “DR Yok, Hafif NPDR, Orta NPDR, Şiddetli NPDR ve PDR” şeklinde sınıflandırılarak erken aşamada teşhis ve tedavisi için retina görüntülerinden oluşan fundus veri seti kullanılmış ve VGG-19 mimarisine sahip CNN tabanlı derin öğrenme modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model hem doğruluk hem de sağlamlık parametreleri dikkate alınarak test edilmiştir. DR hastalığının sınıflandırılması için önerilen modelin doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru değerleri sırasıyla %97.8, %97.6, %97.7 ve %97.6 olarak ölçülmüştür. Önerilen modelin başarımı, performans metrikleri dikkate alınarak Xception, InceptionV3 ve ResNet101 model başarımları ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar, DR hastalığının teşhisi için önerilen modelin belirtilen diğer modellere kıyasla oldukça yüksek sınıflandırma başarımına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, önerilen model ile özellikle DR hastalığının “Hafif NPDR” evresi diğer modellere kıyasla yüksek doğrulukla sınıflandırılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda, DR sınıflandırma modelinin doğruluğunun ve dayanıklılığının iyileştirilebilmesi için model parametreleri meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları ile kestirilen melez model yapıları üzerinde çalışılacaktır. Oluşturulacak melez sınıflandırma modelleri ile belirsizlikler ve doğrusal olmayan dinamiklerle baş edilebilmesi hedeflenmektedir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi tarafından (BAP Proje No: 2021-75737790-03) desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- APTOS (2019). Blindness detection. URL: <https://www.kaggle.com/c/aptos2019-blindness-detection>.
- Aiello, L. M. (2003). Perspectives on diabetic retinopathy. *American Journal of Ophthalmology*, 136(1), 122-135.
- Antcliff, R. J., Stanford, M. R., Chauhan, D. S., Graham, E. M., Spalton, D. J., Shilling, J. S., & Marshall, J. (2000). Comparison between optical coherence tomography and fundus fluorescein angiography for the detection of cystoid macular edema in patients with uveitis. *Ophthalmology*, 107(3), 593-599.
- Chakraborty, S., Jana, G. C., Kumari, D., & Swetapadma, A. (2020). An improved method using supervised learning technique for diabetic retinopathy detection. *International Journal of Information Technology*, 12(2), 473-477.
- Chan, T. H., Jia, K., Gao, S., Lu, J., Zeng, Z., & Ma, Y. (2015). PCANet: A simple deep learning baseline for image classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 24(12), 5017-5032.
- Chollet, F. (2017). Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1251-1258.

- Deepa, V., Kumar, C. S., & Andrews, S. S. (2021). Fusing dual-tree quaternion wavelet transform and local mesh based features for grading of diabetic retinopathy using extreme learning machine classifier. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 31, 1625-1637.
- Dhakar, A., Bastola, L. P., & Shakya, S. (2019). Detection and classification of diabetic retinopathy using adaptive boosting and artificial neural network. *International Journal of Advanced Research and Publications*, 3(8), 191-196.
- Gayathri, S., Gopi, V. P., & Palanisamy, P. (2020). A lightweight CNN for Diabetic Retinopathy classification from fundus images. *Biomedical Signal Processing and Control*, 62, 102115, 1-11.
- Grossniklaus, H. E., Geisert, E. E., & Nickerson, J. M. (2015). Introduction to the retina. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 134, 383-396.
- Han, D., Liu, Q., & Fan, W. (2018). A new image classification method using CNN transfer learning and web data augmentation. *Expert Systems with Applications*, 95, 43-56.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 770-778.
- Hood, D. C., Raza, A. S., de Moraes, C. G. V., Liebmann, J. M., & Ritch, R. (2013). Glaucomatous damage of the macula. *Progress in Retinal and Eye Research*, 32, 1-21.
- Hossin, M., & Sulaiman, M. N. (2015). A review on evaluation metrics for data classification evaluations. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 5(2), 1-11.
- Indolia, S., Goswami, A. K., Mishra, S. P., & Asopa, P. (2018). Conceptual understanding of convolutional neural network-a deep learning approach. *Procedia Computer Science*, 132, 679-688.
- İnan, S. (2014). Retina anatomisi. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 15(3), 355-359.
- Khan, S., Islam, N., Jan, Z., Din, I. U., & Rodrigues, J. J. C. (2019). A novel deep learning based framework for the detection and classification of breast cancer using transfer learning. *Pattern Recognition Letters*, 125, 1-6.
- Khan, M. A., Balgi, A. P., Chaithra, C., & Kumar, P. (2020). Diabetic retinopathy detection by image processing algorithms and machine learning technique. *JNNCE Journal of Engineering & Management*, 4(1), 8-16.
- Klein Kobrin, B. E. (2007). Overview of epidemiologic studies of diabetic retinopathy. *Ophthalmic Epidemiology*, 14(4), 179-183.
- Kramer, C. K., Rodrigues, T. C., Canani, L. H., Gross, J. L., & Azevedo, M. J. (2011). Diabetic retinopathy predicts all-cause mortality and cardiovascular events in both type 1 and 2 diabetes: meta-analysis of observational studies. *Diabetes Care*, 34(5), 1238-1244.

- La Cour, M., & Friis, J. (2002). Macular holes: classification, epidemiology, natural history and treatment. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 80(6), 579-587.
- Math, L., & Fatima, R. (2021). Adaptive machine learning classification for diabetic retinopathy. *Multimedia Tools and Applications*, 80(4), 5173-5186.
- Nazir, T., Irtaza, A., Shabbir, Z., Javed, A., Akram, U., & Mahmood, M. T. (2019). Diabetic retinopathy detection through novel tetragonal local octa patterns and extreme learning machines. *Artificial Intelligence in Medicine*, 99, 101695, 1-10.
- Nida, N., Irtaza, A., Javed, A., Yousaf, M. H., & Mahmood, M. T. (2019). Melanoma lesion detection and segmentation using deep region based convolutional neural network and fuzzy C-means clustering. *International Journal of Medical Informatics*, 124, 37-48.
- Qummar, S., Khan, F. G., Shah, S., Khan, A., Shamshirband, S., Rehman, Z. U., Iftikhar, A. K., & Jadoon, W. (2019). A deep learning ensemble approach for diabetic retinopathy detection. *IEEE Access*, 7, 150530-150539.
- Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., Huang, Z., Karpathy, A., Khosla, A., Bernstein, M., Berg, A. C., & Fei-Fei, L. (2015). Imagenet large scale visual recognition challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115(3), 211-252.
- Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Malanda, B., Karuranga, S., Unwin, N., Colagiuri, S., Guariguata, L., Motala, A. A., Ogurtsova, K., Shaw, J. E., Bright, D., Williams, R., & IDF Diabetes Atlas Committee. (2019). Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the international diabetes federation diabetes atlas. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 157, 107843, 1-10.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 1-14.
- Stratton, I. M., Kohner, E. M., Aldington, S. J., Turner, R. C., Holman, R. R., Manley, S. E., & Matthews, D. R. (2001). UKPDS 50: risk factors for incidence and progression of retinopathy in Type II diabetes over 6 years from diagnosis. *Diabetologia*, 44(2), 156-163.
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). Rethinking the inception architecture for computer vision. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2818-2826.
- Şentürk, Z. K. (2020). Artificial neural networks based decision support system for the detection of diabetic retinopathy. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 424-431.
- Vijayan, T., Sangeetha, M., Kumaravel, A., & Karthik, B. (2020). Gabor filter and machine learning based diabetic retinopathy analysis and detection. *Microprocessors and Microsystems*, 103353, 1-8.
- Willoughby, C. E., Ponzin, D., Ferrari, S., Lobo, A., Landau, K., & Omid, Y. (2010). Anatomy and physiology of the human eye: effects of mucopolysaccharidoses disease on structure and function—a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 38, 2-11.





# Derin Öğrenme Yöntemi ile İç Anadolu Bölgesi ve Çevresi Hava Kirliliği Tahmini

Sümeyye Aydın<sup>1\*</sup>, Murat Taşyürek<sup>2</sup>, Celal Öztürk<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4031-6806), [sumeyyeyaydin@kayseri.edu.tr](mailto:sumeyyeyaydin@kayseri.edu.tr)

<sup>2</sup> Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5623-8577), [murattasyurek@kayseri.edu.tr](mailto:murattasyurek@kayseri.edu.tr)

<sup>3</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3798-8123), [celal@erciyes.edu.tr](mailto:celal@erciyes.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1019618)

**ATIF/REFERENCE:** Aydın, S., Taşyürek, M. & Öztürk, C. (2021). Derin Öğrenme Yöntemi ile İç Anadolu Bölgesi ve Çevresi Hava Kirliliği Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 168-173.

## Öz

Sanayideki gelişmeler, nüfus artışı, çarpık kentleşme gibi sebepler hava kirliliğini artırmaktadır. Hava kirliliği tüm ekolojii ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilediği için küresel anlamda önemlidir. Hava kirliliğinden kaynaklı oluşabilecek tehlikeli durumları önleyebilmek için önceden tedbirler alınmalıdır. Hava kirliliğini etkileyen unsurların önceden tahmin edilmesi ile oluşabilecek tehlikeli durumları önlemek mümkün olabilir. Partikül madde (PM) değeri hava kirliliğinin derecesini belirtmek için yaygın olarak kullanılan bir parametredir. Aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan partiküller madde olarak tanımlanan PM10 parametresi, ülkemiz için belirlenen sınır değerleri aşmaktadır ve dolayısıyla PM10 konsantrasyonunun artışında önlem alınması ciddi önem taşımaktadır. Bu çalışmada hava kalitesinin belirlenmesinde büyük rolü olan PM10 parametresinin değerlerinin tahmini üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait İç Anadolu Bölgesi ve çevresindeki istasyonlara ait gerçek ölçüm verileri kullanılmıştır. Hava kalitesi indeksinin hesaplanmasında kullanılan kirletici madde parametrelerinin değerleri kullanılarak PM10 parametresinin değeri tahmin edilmiştir. Son yıllarda tahmin işlemlerinde derin öğrenme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Derin öğrenme yöntemlerinden uzun süreli kısa bellek ağı (LSTM) modeli zamansal olarak bir önceki durumdan etkilenen veri kümelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Anlık hava kalitesi bir önceki durumlardan etkilendiğinden dolayı bu çalışmada LSTM derin öğrenme modeli bir ilin PM10 değerlerinin tahmin edilmesi için önerilmiştir. Önerilen LSTM tabanlı modelin performansı klasik derin öğrenme yöntemi (DL) ile karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin başarımlarını karşılaştırmak için değerlendirme kriteri ortalama hata kare kökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri kullanılmıştır. Deneysel değerlendirmeler, önerilen LSTM yönteminin DL yöntemine göre PM10 değerlerinin tahmininde daha başarılı tahminler elde ettiğini göstermektedir. Ayrıca LSTM yönteminin veri kaybı olduğu durumlarda DL yöntemine kıyasla veri sayısından daha az etkilendiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Lstm, Derin Öğrenme, Hava Kirliliği Tahmini, PM10.

## Air Pollution Prediction for Central Anatolia Region and Its Surroundings with Deep Learning Method

### Abstract

Developments in industry, population growth and unplanned urbanization are the main factors of air pollution increase. Since air pollution negatively affects all ecology and human health, it has global importance. Precautions should be taken to prevent dangerous situations that may arise from air pollution. Hazardous situations that may occur can be prevented by predicting the factors affecting air pollution. The particulate matter (PM) value is a commonly used parameter to indicate the degree of air pollution. The parameter PM10, which is defined as particles with an aerodynamic diameter less than 10 µm, exceeds the limit values determined for our country, and therefore it is of great importance to take precautions in the increase of PM10 concentration. In this study, the values of the PM10 parameter, which has a great role in determining the air quality, is tried to be predicted. In this study, real measurement data of the Central Anatolian Region and surrounding stations belonging to the General Directorate of Meteorology were used. The value of the PM10 parameter was estimated by using the values of the pollutant parameters used in the calculation of the air quality index. In recent years, deep learning methods have been frequently used for prediction. The long-term short-memory network (LSTM) model, one of the deep learning methods, is widely used in datasets that are temporally affected by the previous situation. Since the previous conditions affect the instantaneous air quality, LSTM deep learning model is proposed to predict PM10 values of a city. The performance of the proposed LSTM-based model is compared with the classical deep learning method (DL). Root mean error square (RMSE) and mean

\* Sorumlu Yazar: Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4031-6806, [sumeyyeyaydin@kayseri.edu.tr](mailto:sumeyyeyaydin@kayseri.edu.tr)

absolute error (MAE) values were used to evaluate the performance of the methods. Experimental evaluations show that the proposed LSTM method is more successful in estimating PM10 values than the DL method. In addition, it has been observed that the LSTM method is less affected by the number of data compared to the DL method in cases where there is data loss.

**Keywords:** Lstm, Deep Learning, Air Pollution Prediction, PM10.

## 1. Giriş

Hava kirliliği dünyamızı tehlikeye sokan en önemli etmenlerden bir tanesidir (Li vd., 2019). Sanayideki gelişmeler, nüfus artışı, çarpık kentleşme, tarım ilaçları ve kimyasalların kullanımının artması gibi sebepler hava kirliliğini artırmaktadır. Hava kirliliği tüm ekolojiyi, insan sağlığını ve davranışlarını olumsuz yönde etkilediği için çok önemlidir ve küresel anlamda bir sorun teşkil etmektedir. Hava kirliliği problemini niceliksel olarak gösterebilmek için çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Bunlardan biri de hava kalitesi indeksidir (HKİ); yaygın olarak kullanılan HKİ sınıflandırma sisteminde hava kirliliğinin boyutuna göre değerlendirme yapılır. HKİ indeksinin hesaplanması ülkelerin belirlediği kriterlere göre değişiklik gösterir. Türkiye’de ulusal hava kalitesi indeksi, EPA hava indeksinden uyarlanarak oluşturulmuştur ve 5 temel kirletici maddenin konsantrasyonuna göre hesaplanmaktadır. Hesaplama kullanılan bu kirletici maddeler partikül maddeler (PM10), karbon monoksit (CO<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) dur (Hava Kalitesi Değerlendirme, 2008).

Hava kalitesi kirletici parametrelerin birleşiminden etkilenmektedir. Kirleticiler havaya, suya ve toprağa

bulaşmaktadır. Bulaşan bu kirletici maddenin canlıların vücuduna girerek sağlığını olumsuz etkilemesi kaçınılmazdır. Kirletici parametreler Tablo 1’de listelenmiştir (Kirletici Parametre Ayarları, 2021). Bu parametrelerin en önemlilerinden bir tanesi de Partikül madde (PM)’dir. PM seviyesi küresel çapta bir sorundur. Literatürde yapılan çalışmalar PM’nin insan üzerinde toksik etki yarattığını göstermiştir (Lu vd., 2015). Yüksek seviyedeki PM konsantrasyonuna kısa süreli maruz kalma nedene özgü mortaliteyi artırır (Janssen vd., 2013). Uzun süreli maruz kalma ise geçici kardiyopulmoner etkilere, solunum hastalıklarına ve akciğer kanserine neden olabilmektedir (Scapellato vd., 2009, Wu vd., 2014, Turner vd., 2011). PM10 aerodinamik çapı 10 µm veya daha küçük olan partiküler maddelere denmektedir. Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre PM10 konsantrasyonu yılda 35 defadan fazla 50 µg/m<sup>3</sup>’ü geçmemelidir (Hava Kalitesi Değerlendirme, 2008). Ülkemizde ise PM 10 için belirlenen sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir (Zeydan, 2021).

PM kirliliğinin tüm zararlı etkileri dikkate alındığında ve ülkemizdeki pm sınırının aşıldığı görüldüğünden, bu kirleticinin gelecek konsantrasyonlarının belirlenmesi ve zararların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Kirletici Maddeler (Kirletici Parametre Ayarları, 2021)

Parametre Adı	Sembolü	Birimi	Açıklama
Partikül Madde	PM10	µg/m <sup>3</sup>	10 µm veya daha küçük çaptaki partiküllere PM10 denilmektedir. Havada asılı kalan ve solunabilen birçok partikülün karışımıdır. Partiküler madde doğal ve antropojenik faaliyetler sonucu oluşur. Yangın dumanı, motorlu taşıtların egzozları, fabrikalar gibi kaynaklardan yayılmaktadır.
Partikül Madde	PM2.5		2.5 µm veya daha küçük çaptaki partiküllere PM2.5 denilmektedir. Havada asılı kalan ve solunabilen birçok partikülün karışımıdır. Partiküler madde doğal ve antropojenik faaliyetler sonucu oluşur. Yangın dumanı, motorlu taşıtların egzozları, fabrikalar gibi kaynaklardan yayılmaktadır.
Kükürtdioksit	SO <sub>2</sub>		Kükürt oranı yüksek malzemelerin ve fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Ayrıca kükürt oranı yüksek olan metallerin eritilmesiyle de ortaya çıkmaktadır. Isınmada, sanayide ve trafikte oluşan bir kirleticidir.
Karbonmonoksit	CO		Renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirli bir gazdır. Karbon içeren yakıtların eksik yanması sonucu oluşur. Birincil bir hava kirletici olan karbonmonoksit, fosil yakıtlı araçlar veya makinelerden kaynaklı oluşabilir.
Azotdioksit	NO <sub>2</sub>		İnsan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olduğu için şehirlerde en önemli hava kirleticilerindendir. Isınmada, sanayide ve trafikte oluşan bir kirleticidir.
Azot Oksitler	NOX		İnsan sağlığını olumsuz etkileyen azot oksitler şehirlerde en önemli hava kirleticilerinden biridir. Isınmada, sanayide ve trafikte oluşan bir kirleticidir.
Ozon	O <sub>3</sub>		Yer seviyesindeki ozon kirliliği doğrudan havaya yayılmaz. Güneş ışığının varlığıyla, atmosfere yayılan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin kimyasal reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır. Azot oksit ve uçucu organik kirleticiler bu nedenle ozonun öncül kirleticileri olarak da tanımlanmaktadır. Azot oksitler ve uçucu organik kirleticilerinin temel kaynakları olan trafik, ısınma ve sanayi tesisleri dolaylı olarak yer seviyesinde ozon kirliliğine sebep olmaktadır.

Derin öğrenme yöntemleri son zamanlarda doğal dil işleme ve gerçek zamanlı nesne algılama gibi birçok problemin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ravi vd., 2017; Young vd., 2018; Şeker, Diri & Balık, 2017). Literatürde, veri kümesine ve problemin türüne göre çok farklı derin öğrenme modelleri bulunmaktadır. Zamana bağlı değişen süreçlerde bazı derin yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) zamana bağlı ilişkiler içeren veri kümelerinde başarılıdır (Samarawickrama & Fernando, 2017). RNN modeli ilk kez 1980'li yıllarda tanıtılmıştır (Buduma & Locascio, 2017). Bununla birlikte, geleneksel RNN yöntemleri, girdi verisindeki uzun süreli bağımlılıkları yakalama sorunuyla karşı karşıyadır. Bu sorunu çözmek için uzun bir kısa süreli bellek ağı (LSTM) önerilmiştir (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).

Bu çalışmada, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA) açık ölçüm verisi kullanılarak kirletici parametreler arasında bulunan PM10 verisinin tahmini üzerine çalışma yapılmış ve LSTM tabanlı derin öğrenme yöntemi önerilmiştir. Çalışma alanı İç Anadolu Bölgesi'nde ve çevresinde bulunan, Tablo 2'de verilen kirleticilerin ölçüldüğü istasyonlarla sınırlandırılmıştır. Gerçek

veriler üzerinde önerilen LSTM tabanlı yöntemin performansı ile klasik derin öğrenme (DL) yönteminin performansı karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Veri Kümesi

Bu çalışmada Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA) tarafından ölçülen istasyonlara ait veriler kullanılmıştır. Araştırma uzayı İç Anadolu Bölgesi'nde ve çevresinde bulunan ve Tablo 1'de bulunan 7 kirletici maddeyi de ölçen istasyonlarla sınırlandırılmıştır. Seçili istasyonlardan 01.07.2021 tarih ve 00:00 saati ile 03.09.2021 tarih ve 23:00 saati arasındaki veriler kullanılmıştır. İlgili dataset saatlik bazda veri içermektedir. MGM istasyon konumları Google Earth programı kullanarak işaretlendiğinde Şekil 1'de sunulduğu üzere konumlanmaktadır. (Google Earth, 2021)



Şekil 1. MGM İstasyon Konumları

Kullanılan veri kümesindeki her istasyondan her saat veri gelmemektedir. Kayıp veri satırları silinerek öğrenmede oluşabilecek sıkıntının önüne geçilmiştir. Veri setinde kullanılan istasyonların isimleri ve kayıp verinin silinmesi ile kalan veri sayısı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Veri Seti

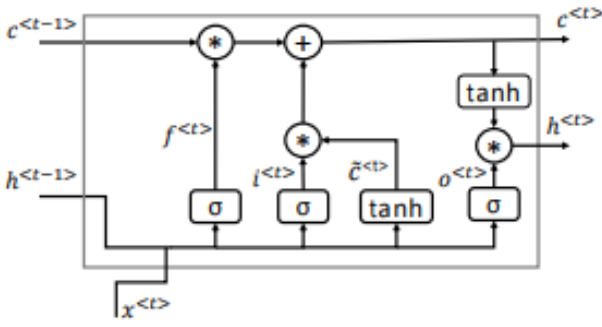
İstasyon ID	İstasyon Adı	Veri Sayısı
1	Adana Valilik	1204
2	Adana Yakapınar	1255
3	Aksaray	1396
4	Ankara Sıhhiye	372
5	Ankara Yaşamkent	559
6	Ankara Siteler	420
7	Çankırı	1437
8	Karaman	1509
9	Kayseri OSB	1434

10	Kırşehir	1465
11	Konya Karkent	1550
12	Konya Erenköy Belediye	931
13	Konya Karatay Sunaypark	1082
14	Nevşehir	1493
15	Niğde	962

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Long Short-Term Memory (LSTM)

Derin öğrenme algoritmalarından biri olan LSTM, Hochreiter ve Schmidhuber tarafından RNN mimarisinin dezavantajlarını yok etmek için ortaya atılan bir tekrarlayan sinir ağı olarak bilinmektedir (Chakraborty vd., 1992). LSTM ağının en önemli özelliği ağ ile ilgili geçmiş bilgileri de değerlendirmesidir. Temel LSTM diyagramı Şekil 2'de verilmiştir (Duan & Wang, 2016; Samui vd., 2018).



Şekil 2. Temel LSTM blok diyagramı

LSTM ağları, üç iç hücre kapısına bölünerek RNN modelinin kaybolan gradyanları sorununu ele alır ve bilgileri uzun menzilli bir bağlamda depolamak için sözde bellek hücreleri oluşturur (Gers vd., 2000). Tipik bir LSTM yapay sinir ağı hücresi giriş kapısı, giriş modülasyon kapısı, unutmaya kapısı ve çıkış kapısı olmak üzere temel olarak dört kapı ile yapılandırılır: Hücre kapıları tarafından kontrol edilir ve kapının durumuna göre değeri koruyabilir veya değeri sıfırlayabilir. Özellikle, mevcut hücre değerinin unutulup unutulmayacağını (unutma kapısı  $f_t$ ), girişini okuyup okumayacağını (giriş kapısı  $i_t$ ) ve yeni hücre değerini çıkışını (çıkış kapısı  $o_t$ ) kontrol etmek için üç kapı kullanılır; ek olarak,  $c_t$  adında bir giriş modülasyon kapısı vardır. LSTM ağı kapıları ve yürüttükleri işlemler, denklemler 1-6’da sunulmuştur.

$$f_t = \sigma(W_{xf}x_t + W_{hf}h_{t-1} + b_f) \quad (1)$$

$$i_t = \sigma(W_{xi}x_t + W_{hi}h_{t-1} + b_i) \quad (2)$$

$$\tilde{c}_t = \tanh(W_{xc}x_t + W_{ch}h_{t-1} + b_c) \quad (3)$$

$$c_t = f_t c_{t-1} + i_t \tilde{c}_t \quad (4)$$

$$o_t = \sigma(W_{xo}x_t + W_{ho}h_{t-1} + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = o_t * \tanh(c_t) \quad (6)$$

Giriş kapısı dışarıdan yeni bir giriş noktası alır ve yeni gelen verileri işler. Bellek hücresi giriş kapısı, son yinelemede LSTM yapay sinir ağı hücresinin çıkışından girdi alır. Unut kapısı, çıktı sonuçlarının ne zaman unutulacağına karar verir ve böylece giriş dizisi için en uygun zaman gecikmesini seçer. Çıkış kapısı, hesaplanan tüm sonuçları alır ve LSTM yapay sinir ağı hücresi (Hochreiter & Schmidhuber, 1997) için çıktı üretir. LSTM modelleri, RNN ağının yapısına dayalı olarak bilgi işlem düğümlerini yeniden tasarlar.

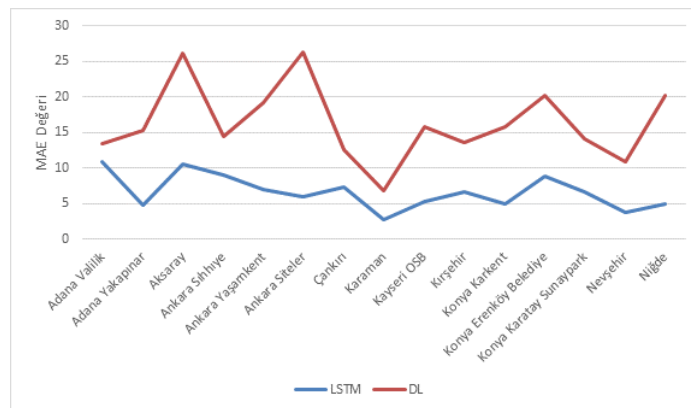
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Klasik derin öğrenme ve LSTM yöntemlerinin deneysel değerlendirmeleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığında alınan gerçek veriler kullanılarak yapılmıştır. Yöntemlerin başarımlarını irdelemek için değerlendirme kriteri ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama hata kare kökü (RMSE) değerleri kullanılmıştır. Deneysel değerlendirme yapılan istasyon bilgileri ve yöntemlerin değerleri Tablo 3 ve Tablo 4’te sunulmuştur.

Deneysel sonuçlarının MAE metriği ile değerlendirilmesi sonucu oluşan Tablo 3 incelendiğinde LSTM yönteminin DL yöntemine kıyasla her zaman daha düşük hata sonuçları verdiği görülmektedir. Değerlendirme sonuçlarındaki hata oranlarının daha görsel açıklanması için Şekil 3’teki MAE değerlerine ait grafik oluşturulmuştur.

Tablo 3. Metotların MAE Hata Değerleri

İstasyon ID	Derin Öğrenme	LSTM
1	13,327	10,802
2	15,238	4,814
3	26,165	10,507
4	14,357	8,657
5	19,192	6,779
6	26,286	5,946
7	12,512	7,316
8	6,727	2,755
9	15,696	5,222
10	13,498	6,612
11	15,766	4,963
12	20,218	8,767
13	14,161	6,646
14	10,782	3,688
15	20,198	4,914



Şekil 2. Metotların MAE değerlerinin kıyaslanması

LSTM ve DL yönteminin kıyaslanması için ikincil olarak RMSE metriği kullanılmıştır. Deneysel sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

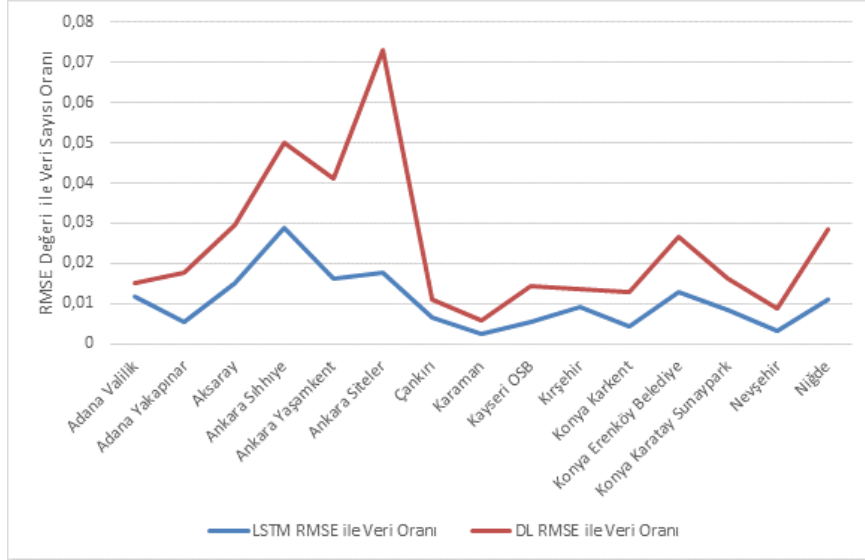
İstasyonlarda her saat veri alınmaması sebebiyle oluşan veri kaybından yöntemlerin etkilenme oranlarını değerlendirebilmek için RMSE değerleri ile veri sayısı arasındaki oran Şekil 4’te



grafik haline getirilmiştir. Seçilen modelin veri sayısındaki değişimden minimum etkilenmesi beklenir. Grafikte de görüldüğü üzere veri kaybından en az etkilenen yöntem seçilen LSTM modelidir.

Tablo 4. Metotların RMSE Hata Değerleri

İstasyon ID	Derin Öğrenme	LSTM
1	18,312	14,378
2	22,150	7,040
3	41,334	20,941
4	18,568	10,387
5	22,883	8,791
6	30,650	7,435
7	15,881	9,215
8	8,668	3,852
9	20,690	8,020
10	19,940	13,323
11	19,906	6,498
12	24,911	12,036
13	17,604	9,267
14	13,376	4,738
15	27,415	10,547



Şekil 3. Metotların RMSE Değeri ile Veri Sayısı Arasındaki İlişki

#### 4. Sonuç

Hava kirliliğinin artması ve buna bağlı olan sebeplerin araştırılması günümüzde ilgi çeken bir konudur. Hava kirliliğine etki eden kirleticilerin önlenmesi için tahmin edilebilmesi önemlidir. Bu çalışmada kirleticiler arasında yüksek riskli olarak değerlendirilen partikül madde yoğunluğunun tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan klasik derin öğrenme yaklaşımı ile önerilen LSTM yöntemine göre hata değerlerine göre değerlendirildiğinde başarısız çıkmıştır. Ayrıca kullanılan verideki kaybın da sonuçları etkilediği görülmüş, klasik derin öğrenme ve LSTM yöntemleri veri kaybına göre değerlendirilmiştir; sonuç olarak LSTM'in diğer yöntemlere kıyasla daha stabil değerler verdiği gözlenmiştir.

#### Kaynakça

- Buduma, N., & Locascio, N. (2017). Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms.
- Chakraborty, K., Mehrotra, K., Mohan, C. K., & Ranka, S. (1992). Forecasting the behavior of multivariate time series using neural networks. *Neural Networks*, 5(6), 961–970. [https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(05\)80092-9](https://doi.org/10.1016/S0893-6080(05)80092-9)
- Duan, Y., Lv, Y., & Wang, F. Y. (2016). Travel time prediction with LSTM neural network. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 1053–1058. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795686>
- Gers, F.A., Schmidhuber, J., & Cummins, F.A. (2000). Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM. *Neural Computation*, 12, 2451–2471.

- Google Earth, (2021, 5 Ekim) erişim adresi: <https://earth.google.com>
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. (2008, 06 Haziran). Resmi Gazete (Sayı: 26898). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm>
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9, 1735-1780. doi: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- Kirletici Parametre Ayarları, (2021, 5 Ekim) Erişim adresi: <https://sim.csb.gov.tr/Intro/ParametersMeta>
- Li, X., Jin, L., & Kan, H. (2019). Air pollution: a global problem needs local fixes. *Nature*, 570(7762), 437-439. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01960-7>
- Lu, F., Xu, D., Cheng, Y., Dong, S., Guo, C., Jiang, X., & Zheng, X. (2015). Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population. *Environmental Research*, 136, 196-204. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2014.06.029>
- Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B.P., & Yang, G. (2017). Deep Learning for Health Informatics. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 21, 4-21.
- Samarawickrama, A.J., & Fernando, T.G. (2017). A recurrent neural network approach in predicting daily stock prices an application to the Sri Lankan stock market. 2017 IEEE International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), 1-6.
- Samui, S., Chakrabarti, I., & Ghosh, S.K. (2018). Tensor-Train Long Short-Term Memory for Monaural Speech Enhancement. *ArXiv*, abs/1812.10095.
- Scapellato, M. L., Canova, C., de Simone, A., Carrieri, M., Maestrelli, P., Simonato, L., & Bartolucci, G. B. (2009). Personal PM10 exposure in asthmatic adults in Padova, Italy: seasonal variability and factors affecting individual concentrations of particulate matter. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(6), 626-636. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2009.06.001>
- Şeker, A., Diri, B., & Balik, H.H. (2017). Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme.
- Turner, M. C., Krewski, D., Pope, C. A., Chen, Y., Gapstur, S. M., & Thun, M. J. (2011). Long-term Ambient Fine Particulate Matter Air Pollution and Lung Cancer in a Large Cohort of Never-Smokers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 184(12), 1374-1381. <https://doi.org/10.1164/rccm.201106-1011OC>
- Janssen, N. A. H., Fischer, P., Marra, M., Ameling, C., & Cassee, F. R. (2013). Short-term effects of PM2.5, PM10 and PM2.5-10 on daily mortality in the Netherlands. *Science of The Total Environment*, 463-464, 20-26. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.05.062>
- Wu, S., Deng, F., Hao, Y., Wang, X., Zheng, C., Lv, H., Lu, X., Wei, H., Huang, J., Qin, Y., Shima, M., & Guo, X. (2014). Fine particulate matter, temperature, and lung function in healthy adults: Findings from the HVNR study. *Chemosphere*, 108, 168-174. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2014.01.032>
- Young, T., Hazarika, D., Poria, S., & Cambria, E. (2018). Recent Trends in Deep Learning Based Natural Language Processing [Review Article]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 13, 55-75.
- Zeydan, Ö. (2021). 2019 Yılında Türkiye'deki Partikül Madde (PM10) Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (1), 106-118. DOI: 10.21597/jist.745539



## Dijital Denekler

Arif Furkan Mendi<sup>1\*</sup>, Dilara Doğan<sup>2</sup>, Tolga Erol<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0750-4012), [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)

<sup>2</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6139-5200), [ddogan@havelsan.com.tr](mailto:ddogan@havelsan.com.tr)

<sup>3</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3015-0910), [terol@havelsan.com.tr](mailto:terol@havelsan.com.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009669)

**ATIF/REFERENCE:** Mendi, A. F., Doğan, D. & Erol, T. (2021). Dijital Denekler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 174-180.

### Öz

Dijital ikiz, fiziksel ve dijital dünya arasında bir köprü görevi görerek herhangi bir fiziksel varlığın dijital ortamda birebir kopyasının oluşturulması anlamına gelen, Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren bir teknolojidir. Dijital ikiz; oluşturmak istenilen sistemlere yerleştirilen sensörler aracılığıyla, verilerin en güncel halinin dijital ortama aktarılmasıyla modellenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Dijital ikiz birçok alanda üretim, mühendislik, eğitim alanlarının yanı sıra sağlık alanında da oldukça önemli bir yere gelmiştir. Sağlık alanında dijital ikizin yol haritalarından birisi de insanların dijital ikizini yapmaya doğru giden bir yolculuğa uzanmaktadır. Makine ve üretim bantlarındaki kullanımlarıyla başlayan dijital ikizlerin kullanım alanları hayvan ve insanların dijital ikizlerinin oluşturulmasına kadar genişlemektedir. Tıp ve ilaç endüstrisi alanlarında yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Özellikle bu alanda yapılan çalışmalarda denek hayvanlarının kullanıldığı fiziksel sistemlerin gerçek verilerle modellenmesi ve sonrasında bu modeller üzerinde gelecek öngörülerinin gerçekleştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu noktada, dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile birlikte deney hayvanlarının yerini alabilecek dijital denekler konsepti ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışmada birçok alanda olduğu gibi sağlık alanında da sunmuş olduğu kazanımlarla aktif kullanımı gittikçe yaygınlaşan dijital ikiz teknolojisinin hayvan deneklerin yerini alması konusu ele alınacaktır. Bu alanda dijital ikiz kullanımı, sunmuş olduğu avantajlar ve gelecek öngörülerini değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital İkiz, Dijital Denek, Dijital İkiz Sağlık Uygulamaları

## Digital Experimental Subjects

### Abstract

The digital twin is a technology that entered our lives with Industry 4.0, which means the creation of an exact copy of any physical asset in the digital environment by acting as a bridge between the physical and digital world. Digital twin; it is carried out by modeling the most up-to-date version of the data by transferring it to digital media, through sensors placed in the systems to be created. The digital twin has come to a very important place in the field of health as well as in the fields of production, engineering and education in many fields. Especially in the field of medicine and the pharmaceutical industry, developments are increasing. A more specific area where these areas are used is the cosmetics industry. The digital twin technology, which models physical systems with real data and then offers future predictions on the models, seems to be a very suitable area for the cosmetics industry. In this study, the use of digital twin technology in the field of cosmetics, which is a more specific field, will be discussed. In the current situation, the use of digital twins in the cosmetics sector, the advantages it offers and future predictions will be evaluated.

**Keywords:** Digital Twin, Digital Experimental Subjects, Digital Twin Health Applications

\* Sorumlu Yazar: HAVELSAN, Simülasyon Otonom ve Platform Yönetim Teknolojileri, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0750-4012, [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)





ürünlerin ve maddelerin güvenliklerinin test edilmesi amacıyla 3 temel amaç için kullanıldığı görülmektedir.

DENEYLERDE KULLANILAN (ÖLDÜRÜLEN) HAYVAN SAYILARI			
	2015	2016	2017
BİRLEŞİK KRALLIK	3 168 480	2 790 392	2 574 875
ALMANYA	2 045 261	2 128 254	2 068 813
FRANSA	1 901 542	1 918 402	1 914 174
İSPANYA	838 940	885 172	802 976
ABD*	767 622	820 812	792 168
İTALYA	586 699	611 707	580 060
BELÇİKA	561 551	534 854	543 074
HOLLANDA	479 580	386 700	477 550
TÜRKİYE	386 745	451 914	265 109
İSVEÇ	254 789	344 766	324 771
DANİMARKA	243 792	289 225	237 949
AVUSTURYA	227 317	236 459	264 071

\* ABD'YE AİT RAKAMLARA KEMİRGENLER, SÜRÜNGENLER, KUŞLAR VE BALIKLAR DAHİL DEĞİLDİR.

Görsel 3: Deneylerde Öldürülen Hayvan Sayıları (Güven, 2020)

Günümüzde deney hayvanları üzerinde kozmetik ürünler denenmekte ve daha sonrasında üretime ve satışa sunulmaktadır. Bu süreçte birçok hayvan kullanılmaktadır. Deneyler sırasında bazı uzuvlarını ve sonunda ise hayatlarını kaybetmektedirler. Görsel 3'de yer alan tabloda 2015 ile 2017 yılları arasında ülkelere göre deneylerde öldürülen hayvan sayıları yer almaktadır. Her ne kadar yıllar ilerledikçe sayılarda bir düşüş görülsede bu düşüş yeterli olmayıp, bu sayının minimum indirilmesi, hatta sıfıra ulaştırılması için daha yenilikçi ve teknolojik yaklaşımların üretilmesi gerekmektedir. Mevcut sistemlerde gerçekleştirilen hayvan deneylerini incelediğimizde; sürecin toplamda sekiz temel adımda yürütüldüğü görülmektedir:

- Araştırma konusu belirlenir.
- Araştırma protokolü hazırlanır.
- Deneyisel araştırma yapacak sorumlu kişilerin bu alanda yeterliliğine bakılır.
- Uygun bir hayvan seçmek için araştırmacı ilk önce ihtiyaç duyulan hayvan modelini belirler.
- Hayvan türünün belirlenmesi için daha önce benzeri yapılan çalışmalar incelenir, literatür araştırması yapılır.
- Çalışmada kullanılacak gereçler için lojistik desteğin listesi hazırlanır.
- Malzeme listesi hazırlanır.
- Türe özgü parametreler incelenir ve deneye başlanır.

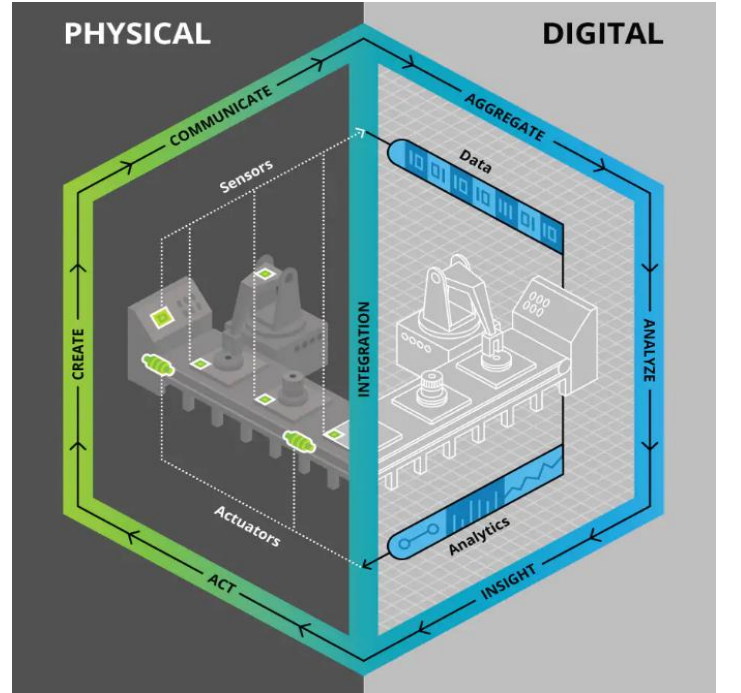
Russell ve Burch tarafından 1959'da, İnsani Deney Tekniğinin İlkeleri'nin yayımlanmasıyla ortaya konan ilkeler; yerine koyma, azaltma, iyileştirme terimlerinin baş harflerinden dolayı kısaca 3R olarak tanımlanmıştır (Forni, 2007). Russel ve Burch tarafından yerine koyma ilkesi "bilinci yerinde canlı omurgalıların kullanıldığı yöntemlerin yerine geçebilecek hissiz materyallerin kullanılması" şeklinde tanımlanmıştır (Balls, 1994). Teknolojinin gelişiminden de faydalanılarak, bu kapsamda kullanılabilecek alternatifleri aşağıdaki gibi listeleyebiliriz.

- Doku ve organ kültürü
- İn-siliko (bilgisayar temelli) yöntemler
- Omurgasız hayvanların kullanılması
- Bir hücrelilerin kullanılması
- Embriyo yumurtasının kullanılması
- Bilgisayar ve veri bankalarının kullanımı
- Gönüllü insan kullanımı ve epidemiyolojik yöntemler
- Eğitimde yapay modellerin ve filmlerin kullanımı
- Yapay zekâ temelli dijital ikiz teknolojisinin kullanımı

### 3. Teknolojiye Genel Bakış

#### 3.1. Dijital İkiz

Dijital ikiz, fiziksel bir nesnenin veya sistemin durumunu modellemeyi sağlayan, dijital ortamın ifade edildiği bir kopyasıdır. Dijital ikizler, herhangi bir fiziksel sistemin yapısını, bağlamını ve davranışını temsil eden veri ve istihbarat kombinasyonu ile geçmişi ve mevcut işlemi anlamayı ve geleceğe yönelik öngörüler yapmayı sağlayan bir arayüz sunarak fiziksel ve dijital dünya arasında bir köprü kurmaktadır (Görsel 4). Dijital ikizlerin oluşturulmasında simülasyon, nesnelerin interneti, büyük veri, yapay zekâ, makine öğrenmesi teknolojileri kullanılmaktadır. Ürünün/Sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilirliği sağlanmaktadır. Fiziksel varlıkla gerçekleştirilmesi zor, maliyetli, riskli olan faaliyetlerin optimizasyonu dijital ikizlerle sağlanabilmektedir.



Görsel 4: Fiziksel Varlık ve Dijital İkizi (Aaron Parrott & Lane Warsaw, 2017)

#### 3.2. Teknolojinin Sağlık Alanındaki Kullanımları

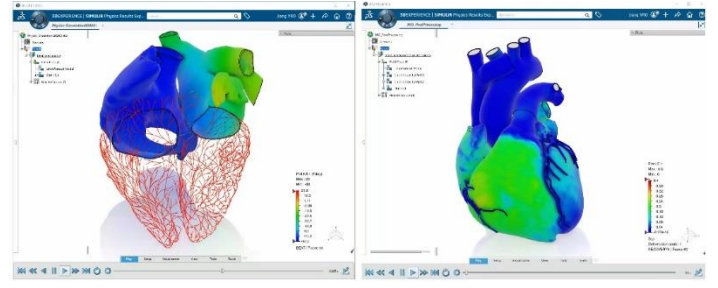
Sağlık alanında yapılan dijital ikiz çalışmaları genellikle dijital hasta, ilaç endüstrisi ve hastane sistemleri üzerine gerçekleştirilmektedir. Dijital hasta kavramı Avrupa Komisyonu'nun fonladığı bir Ar-Ge projesi kapsamında ortaya konulmuştur. Dijital Hasta Yol Haritası (Roadmap for the Digital Patient) raporu Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen Koordinasyon ve Destek Eylem Planı'nın bir parçası olan DISCIPULUS projesi ile hazırlanmıştır. Bir insan vücudunun dijital ikizini geliştirmek, herhangi bir mühendislik ürününden

daha gelişmiş bir süreçten oluşmaktadır. Sensörler, herhangi bir tasarlanmış nesnenin dijital ikizine verimli bir şekilde veri sağlayabilir, ancak bireylerden türetilen veriler genellikle kan testleri ve taramalar gibi süreçlerden dolayı pahalı ve zaman alıcı olabilmektedir. Dijital hasta, tıbbi kararları desteklemek için hastaya özel yapılan modelleme olarak tanımlanamaktadır.

Hesaplamalı tıp olarak da bilinen siliko tıp (silico medicine) hastalığın önlenmesi, teşhisi, tedavi planlaması ve yürütülmesi ile yönetimine doğrudan katkıda bulunan modelleme ve simülasyon teknolojilerini içinde barındırmaktadır. Dijital hastanın oluşturulmasında biyomedikal, matematik ve bilgisayar bilimleri dallarındaki bilim insanlarının disiplinler arası çalışmalarını gerektiren bir alandır. Bu alanda gelecek vaat eden çeşitli çalışmalar ortaya konmaya devam etmektedir.

Çinli araştırmacılar tarafından 2018'de, insan beyninin detaylı üç boyutlu haritasını çıkarmayı hedeflediklerini anlatan çalışmanın iki ana noktası bulunmaktadır. Birincisi, beyindeki hafızanın nasıl oluştuğunu anlamaya çalışmak, ikincisi ise, sinir ağlarının nasıl bağlantılı olduğunu keşfetmektir. Bunları anlayabilmek için yapay zekâ ve sinir bilim araştırmacılarıyla birlikte çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra yine insan beyni üzerine Amerika'da başlatılan "Beyin İnisiyatifi ve İnsan Beyni Projesi" isimli iki projenin asıl hedefi insan beyninin işleyişinin bilgisayar ortamına aktaracak teknolojilerin geliştirilmesidir. Mavi Beyin Projesi ise, İnsan Beyni Projesinin alt projelerinden biridir. Mavi Beyin Hücreleri Atlası olarak da geçen proje, fare beyninin tüm alanlarındaki hücrelerin sayısının, türlerinin ve konumlarının tanımlandığı en kapsamlı ve herkesin erişebileceği kaynaktır. Fare beyninin oldukça detaylı işlendiği bir atlas yayınlanmıştır (Luo et al., 2018).

Bunun yanı sıra bir kalp dijital ikizi projesi olan, Yaşayan Kalp (SIMULIA) isimli proje 2014 yılında Dassault Systèmes ile ABD Gıda ve İlaç Dairesi 5 yıllık bir anlaşma imzalayarak yürütmeye başlamıştır. Böylece ilk defa bir organın tamamının simüle edilmesi, ilaç etkileşimlerini görebilmek için kullanılmıştır (Görsel 5). SIMULIA Yaşayan Kalp, çok çeşitli klinik ölçümlere göre onaylanmış ve bir insan kalbinin simüle edilerek oluşturulan bir dijital ikiz modelidir. Bilgisayar simülasyonu ile doktorlar, kalp dokusundaki hareketlilikten dolayı göremediklerini görebilme ve kalpteki karmaşık yapıyı birebir aynı organ modeli üzerinden denemeler yaparak çalışma fırsatı bulmuşlardır (D'Souza Karl, 2015). Hastaya özel yaşamsal bulguların girilmesi sayesinde; kişiselleştirilmiş tedaviye ve gelecekteki tıbbi tedavilerde umut verici araştırmalara yol açmaktadır. Tıbbi araştırmalarda klinik deneme maliyetlerini azaltarak daha etkili ve yeni yöntemlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar yapılmasını teşvik etmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan pahalı deneylerin yerine kalp fonksiyonunun simülasyonu ile oluşturulan dijital ikizlerin daha iyi tasarımlarının yapılmasına ve yeni tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine öncülük etmektedir.



Görsel 5: SIMULIA Kalp Modeli (Dassault Systèmes, 2017)

İlaç üretim sektöründe, yeni ilaçların daha hızlı ve daha verimli kullanılması için yapılan tıbbi araştırmalarda laboratuvar hayvanlarının kullanımı azaltılmaya çalışılmaktadır. Dijital ikiz teknolojisi, bilgisayarların ilacı test ettiği silico klinik çalışmalarında da kullanılabilirler. Takeda Pharmaceuticals, dünya çapında hastalara dönüştürücü tedaviler sunmak için çeşitli girişimlerde bulunmaktadır. Hastalara yeni bir ilaç sunabilmek, 15 yıla kadar uzanabilecek uzun ve çok aşamalı bir süreçtir. Dijital çağda bile, farmasötik üretim işlemleri manuel adımlar içermektedir. Örneğin, canlı organizmalardan türetilen biyolojik, aşı ve diğer ilaç ürünlerinin yapılması, değişken ve ölçülmesi zor olan biyokimyasal reaksiyonları içerir ve otomasyonu zorlaştırmaktadır. Dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile; deney süreçlerinin hızlandırılması, yeni üretim yaklaşımlarının geliştirilmesi ve karmaşık kimyasal ve biyokimyasal süreçlerin otomatikleştirilmesine yardımcı olabilecek daha bilinçli kararlar alınabilmektedir. Bunun için her işlem adımı için bir dijital ikiz oluşturulmakta ve sonrasında entegrasyon işlemi de başka bir dijital ikizle birlikte uygulanmaktadır. Kimyasal süreçlerin modellenmesi karmaşık olsa da, biyokimyasal reaksiyonların modellenmesi çok daha karmaşık ve düzensiz olabilmektedir. Çoğu durumda gerçek zamanlı sensörler istenen çıktıları izlemek ve kalite tahmini yapmak için yetersiz kalabilmektedir. Bunun yerine, yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleriyle biyokimyasal reaksiyonlardaki süre ve çıktı tahminleme daha gerçekçi bir şekilde yapılabilmektedir.

#### 4. Kozmetik Sektöründe Dijital İkizin Olası Kullanımları

Sağlık alanında dijital ikiz uygulamalarına bakıldığında genellikle hastalıkların doğru teşhis ve erken tedavi süreci odaklı çalışmalar yürütüldüğü görülmektedir. Bunun yanı sıra ilaç endüstrisine yönelik çalışmaların da giderek yaygınlaştığı gözlemlenmektedir. İlaç endüstrisinin altında yer alan bir diğer alan ise kozmetik sektördür. Kozmetik Latince'de: "Cosmos" kelimesinden gelir. Süs ve güzellik demektir. Kozmetikler; vücudun veya vücudun herhangi bir bölümünün temizlenmesi, güzelleştirilmesi, cazip hale getirilip değişik bir görünüm kazanması için uygulanan maddeler, bunların elde edilmesinde kullanılan hammaddelerdir. Bu da; sağlıklı, güncel yaşam demek; hijyen, bakım, güzellik demektir. (Kozmetik Bilimi - Kozmetik Dünyasına Dair Bilmeniz Gereken Herşey..., 2007)

Achema kurmuş olduğu EnviroChemie GmbH'nin Split-O-Mat sistemi ile atık su temizlenerek daha sonra kanalizasyon sistemine boşaltılabilmektedir. Bu tesis için gelecekte temizleme istasyonunda biriken su hakkında bilgi içerecek bir dijital ikiz geliştirmektedir. Dijital ikiz ile taranan bir barkod aracılığıyla, bir kabın diğerlerinin yanı sıra duş jeli, lavanta yağı veya banyo köpüğünden temizlenip temizlenmediğini öğrenmektedir. Eş



zamanlı olarak EnviroChemie sisteminden iletkenlik, bulanıklık ve pH değeri gibi atık suyun miktarı ve tipik parametreleri hakkında online ölçüm verilerini almaktadır. Sistem daha sonra ortaya çıkan atık suyun miktarını ve bileşimini hesaplamakta ve atık su arıtma tesisinin kimyasal-fiziksel süreçlerini gerçek zamanlı olarak modellemektedir. Bu bilgilerle temizlik programı, sadece gerektiği kadar az kimyasal kullanılacak şekilde seçilmekte ve süreç mümkün olduğunca sürdürülebilmektedir. Amaç, atık su kalitesini sürekli olarak yüksek tutmaktır. Operatörler önce dijital ikizin tavsiyelerini değerlendirmektedir. Bu değerlendirme, uygun temizleme programının hesaplamalarını ve seçimini daha da iyileştirmek için dijital ikiz tarafından kullanılmaktadır (*Digital Twin Makes for Clean Cosmetics Tanks - Achema, 2021*).

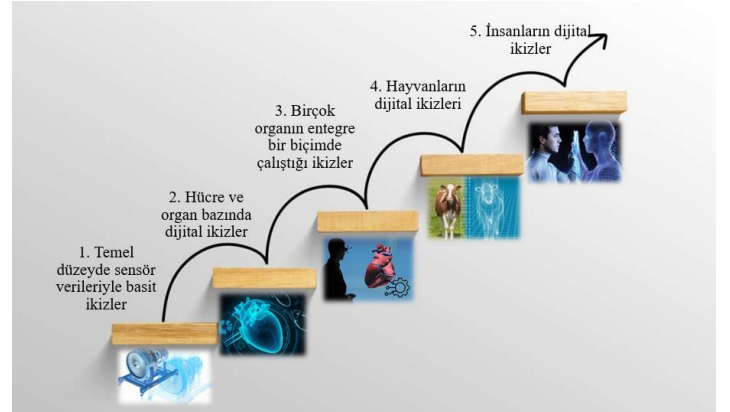
“TCS Dijital Cilt İkiz Platformu” transdermal ilaç ve kozmetik teslimat için çok ölçekli modelleme ve sanal gerçeklik (VR) kullanır. Platform, mikro ve makro ölçekli modelleme yeteneğine sahip olup insan derisinin fizikokimyasal özelliklerini taklit edebilmektedir. Bu sayede yeni formülasyonların bileşenlerinin katmanları arasında nasıl taşındığının araştırılması daha kolay hale gelmektedir. Bu dijital cilt ikizi, in-vivo/in-vitro deneyler sırasında gerçek cilt ile sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Platform ayrıca bulut üzerinden gelişmiş görselleştirme ve sanal gerçeklik tabanlı bir araç kullanmaktadır (*TCS Digital Skin Twin Platform, 2021*).

Geçmişten günümüze gelindiğinde kozmetik sektöründe ürün yelpazesindeki gelişimin yanı sıra her geçen gün gelişen tıp ve farmakoloji bilimlerindeki ilerlemeler ve bu sektöre olan talebin artmasıyla birlikte yönelim gittikçe artarak bu alanda yapılan çalışmaların verimliliğinin sağlanması da önemli bir problem haline gelmiştir. Mevcut çalışmalarda üretilen bir ürün çeşitli geliştirme ve deney süreçlerinden geçmektedir. Deney süreçlerinde mevcut teknoloji göz önüne alındığında insanlardaki olası sorun, semptom ve gelişimleri gözlemleyebilmek amacıyla farelerin kullanımı yaygındır. Daha spesifik konulara özel olarak farklı hayvanların kullanılması durumu da mevcuttur. Deney esnasında veya sonrasında ise denek hayvanların hastalandığı ve sürecin ölümle sonuçlandığı durumlar mevcuttur. Bu durum ise aslına bakılırsa hayvan haklarına aykırı bir durum teşkil etmektedir. Bununla birlikte kozmetik ürünlerin hayvan deneyleri sonucunda herhangi bir problem çıkmasa bile insanlarda çeşitli olumsuz etkilere sebep olabilmektedir. Bu durumun önlenmesi amacıyla daha teknolojik yollarla modelleme ve deneylerin yapılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Mevcut durumu ele aldığımızda ise çözüm sunan bir alternatif olarak dijital ikiz teknolojisi karşımıza çıkmaktadır. Bir önceki bölümde incelenen çalışmalarda da görüldüğü üzere sağlık alanında çeşitli dijital ikiz uygulamalarının yapılmış olduğu ve yapılmaya devam edildiği görülmektedir. Yapılan bu çalışmaların nihai hedefi ise birçok alanda kullanılabilir insan dijital ikizlerinin oluşturulmasıdır.

#### 4.1. Yöntem

Sağlık alanında yapılan dijital ikiz çalışmalarının genel amacı daha kaliteli ve optimal bir sağlık hizmeti sunarak, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha doğru bir şekilde ilerletilerek hem hastaların tedavi ve iyileşme süreçlerini geliştirmek hem de sağlık çalışanlarının işlerini kolaylaştırmaktır. Genelde kimya ve ilaç sanayi, özelde ise kozmetik sektörü gibi alanlarda üretilen ilaç ve ürünlerin piyasaya sürülmeleri ve kullanımlarından önce uzun soluklu deney fazları bulunmaktadır. Bu deney süreçlerinin birçoğunda ise hayvanların kullanımı söz konusudur. Yapılan

deneyler sonucunda ise denek olarak kullanılan hayvanlarda hastalık ve ölümle sonuçlanabilecek durumlar meydana gelebilmektedir. Gerçekleşebilen bu durum her ne kadar faydalı görülen bir amaç için gerçekleştirilse de hayvan haklarına aykırı bir durum oluşturmaktadır. Bu durumun önlenmesi için gelişen teknolojiden ve bu teknolojinin imkânlarından faydalanılabilmektedir. Teknolojinin istenilen seviyede kullanılması ise çeşitli adımlarla mümkün olacaktır. Bunlar temel olarak 5 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar Görsel 6’da gösterilmiştir. Adımlar sırasıyla, temel düzeyde sensör verileriyle basit ikizlerin oluşturulmasıyla başladıktan sonra, hücre ve organ bazında dijital ikizlerin oluşturulması, ikizleri elde edilen organın entegre bir biçimde çalışacak yeni ikizlerin oluşturulmasının ardından hayvanların bütüncül bir dijital ikizlerinin oluşturulması ve nihayi olarak insanların dijital ikizlerinin oluşturulması süreçlerini içermektedir. İlgili adımlar incelendiğinde şuana kadar yapılmış olan çalışmalar genellikle ilk 3 adıma yönelik olup, ileriki adımlara da geçilmesine yönelik çalışmalar aktif olarak yürütülmektedir.



Görsel 6: Dijital İkizlerin Gerçekleştirilme Adımları

Nihai olarak ulaşılmak istenen nokta insanların dijital ikizlerinin oluşturulması olup bu aşamaya ulaşmak için önemli olan bir adım olan hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulması gerekmektedir. Hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulması durumunda laboratuvar ortamında yapılan, özellikle kozmetik alanındaki deneylerde kullanılması beklenmektedir. Bu alanda yapılan çalışmaları değerlendirdiğimizde ise geleceğe ışık tutan çalışmaların mevcut olduğu görülmektedir. Bunlardan bazıları sağlık alanında yapılan çalışmalar bölümünde özetlenmiştir.

Birçok kozmetik ürününde karşılaşılan bir sorun ise farklı cilt tiplerine göre farklı etki ve yan etkilerin görülmesidir. Bunlar önceden laboratuvar ortamında deneklerde pek karşılaşılamayan ve öngörülemeyen bir durum olmakla birlikte bu tarz durumlar tehlikeli olup kalıcı hasarlara yol açabilmektedir. Mevcut teknolojinin ulaştığı noktada laboratuvar deneyleriyle birlikte genel yan etkilerin görülmesi mümkün olabilmektedir. Bunun yanı sıra bilinenin aksine farklı türde semptomların görülmesi de olası olup hem maddi hem de manevi ciddi kayıplara yol açabilecek sonuçlar doğurabilmektedir. Bunun için kısa vadede kişilerin cilt tipleri gibi hücre, doku, organ ve sistem bazında dijital ikizlerinin oluşturulması yönünde çalışmalar yapılması beklenmektedir. Hem bu sayede daha gelişmiş bir teknolojiyle daha kaliteli ve sağlıklı ürünlerin piyasaya çıkarılmasıyla birlikte, deneylerde hayvan kullanımının önlenmesi mümkün olabilecektir.

Yan etki olarak da değerlendirilebilmekle birlikte başlı başına önemli bir konu olan alerjiler ele alındığında

kişiselleştirilmiş tıp ve kimya alanındaki çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu konuda kozmetik sektörünün dev firmalarından olan L'Oréal (*L'Oréal Group: Decoding the Digital Transformation*, 2021), dijital dönüşüm yolculuklarının bir parçası olarak müşterileri için kişiselleştirilmiş hizmetler, reklamlar ve özel sipariş fondöten gibi ürünler sunabildiklerini ve bunu yaparken odak noktalarının dijital dönüşümde en önemli faktörlerden birinin sistemleri besleyen veriler olduğunu ve bu verilerle birlikte sistemlerin daha sağlıklı ve verimli olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Kişiselleştirilmiş, özel ürünlerin gerçekleştirilmesi için de yine benzer bir şekilde hücre veya dokulardan dijital ikize gerçek zamanlı veri akışı sağlanması gerekmektedir. Bu dijital ikiz sistemlerinin gerçekleştirilmesi süreci, sensör teknolojilerinin gelişip, sensörlerin daha da hassas ölçümler yapabilecek hale gelmesiyle hızlanacaktır. Kişiselleştirilmiş ikizlerin kullanımı özellikle kozmetik gibi alanlarda aktif olarak kullanılacaktır.

## 4.2. Kazanımlar

Dijital ikizlerin kozmetik sektöründe kullanılmasıyla birçok konuda kazanımlar elde edilecektir. Bu başlıkta kazanımlar ele alınacaktır.

### 4.2.1. Hayvan Haklarıyla Uyumlu Çözüm

Mevcut kozmetik deney sistemlerinde, deneylerde hayvanlarının kullanımı yaygın olup, birçok açıdan hayvan haklarının ihlalini oluşturabilecek durumlar söz konusudur. Bu durumun farkında olunmasına rağmen köklü bir çözüm önerisi sunulamamıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte denek hayvanları yerine dijital ikizlerin kullanımıyla, mevcut yöntemle deneylerdeki hayvanların zarar görmesi ve ölümle sonuçlanan durumların önlenmesine yardımcı olarak, hayvan haklarının ihlalinin önlenmesini mümkün kılacak bir çözüm sunulmaktadır.

### 4.2.2. Maliyet Avantajı

Dijital ikiz ayrıca işletme maliyetini azaltmakta, ekipman ve varlıkların ömrünü ise uzatmaktadır. Dijital ikizler, farkındalığı geliştirerek, kullanılan alanda optimizasyonu ve önleyici bakım için değişebilen koşullarla ilgili çalışmaları iyileştirip, geleneksel çalışma yaklaşımlarına değer katmaktadır. Temsil ettikleri nesnenin ömrünü uzatarak ve çalışma performansını optimize ederek işletme giderlerini ve potansiyel sermaye giderlerini düşürebilmektedir. Dijital ikizlerin denek hayvanları yerine kullanılmasıyla denek hayvanların tedarigi ve beslenme, bakım vb. maliyetlerin ortadan kalkması sebebiyle daha maliyet etkin çözümler elde edilmektedir.

### 4.2.3. Test Etme Kolaylığı

Dijital ikiz teknolojisi, karmaşık ürünler üzerinde tümleşik bir veri, model ve analiz aracı olarak ürün tasarımı, gerçek zamanlı simülasyon, takip ve optimizasyon konularında üreticilerin ürünlerini daha iyi anlayabilmelerini ve bu doğrultuda analizler yapabilmelerini mümkün kılar. Gerçek hayatta test etmenin maliyetli ve zor olduğu karmaşık ürünlerden elde edilen verilerle oluşturulmuş bir dijital ikiz üzerinde testler yapmak, ürünü fiziksel dünyaya sunmadan önce kolay yoldan denememizi sağlayarak gerek fark edilmeyen bir hatanın önüne geçilmesi bakımından, gerekse sistem ve ürünün daha verimli ve maliyet etkin hale getirilmesi bakımından önemlidir.

## 5. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Her geçen gün üstüne koyarak ilerleyen dijital ikiz teknolojisi çok yönlülüğüyle şimdiden birçok alanda kullanılmaktadır. Gartner'ın 2019 için oluşturduğu en iyi 10 stratejik teknoloji trendleri arasında dördüncü sırada olan dijital ikizlerden artık tek çocuk olma dönemini de geride bırakılarak, dijital ikizleriyle birlikte kullanılacağını söyleyebiliriz. Bu trend önce uzay teknolojileri alanında kullanılmaya başlansa da günümüzde tasarım, mühendislik, sağlık ve imalat alanlarında oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuş durumdadır. Kullanım sahaları ise giderek genişlemekte, herkesin, her şeyin bir dijital ikizinin oluşturulması noktasına doğru ilerlenmektedir.

Kozmetik sektöründe denek hayvanlarını kullanımı ile birlikte canlıların ölümüyle sonuçlanabilecek durumların önlenmesi amacıyla, mevcut duruma dijital ikiz teknolojisinin ne tarz bir çözüm sunabileceğini inceledik. Bugün pek çok sektörde karşımıza çıkan dijital ikiz, kozmetik sektöründeki hayvan deneylerinin azaltılmasına çözüm olacak en ciddi alternatif durumdadır. Dijital ikiz teknolojisi, gösterdiği gelişim ve sağlık alanında kullanım uyumu ile diğer yeni nesil teknolojilere göre birkaç adım daha önde olup, hayvan deneylerinin azaltılması noktasında önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlık alanındaki uygulamaları yaygınlaşmakta olan dijital ikizlerin daha spesifik fakat bir o kadar da faydalı olacak bir alan olan kozmetikteki çalışmalarının yakın gelecekte yaygınlaşması beklenmektedir. Kozmetik sektöründe dijital ikiz deneklerin yaygınlaşmasıyla; dünyayı paylaştığımız sayısızca hayvan dostumuzun, bilimsel çalışmalar için bile olsa acı çekmesine ve yaşamdan kopmasına engel olunabileceği daha dost canlısı çözümler elde edilebilecektir.

Dijital ikiz teknolojisinin kozmetik sektöründe de kullanımı yaygınlaşmasıyla hayvan deneylerinin sayısı azaltılacak, deney süreçlerinde yeni bir dönem başlayarak daha gerçekçi bir test ortamı oluşturulabilecektir. Böylelikle daha kaliteli ürünlerin ortaya çıkarması beklenmektedir. Dijital ikizler, insanların kendileriyle dijital kopyalarının dijital eşleşmesini sağlamaktadır. Dijital eşleşme ise herhangi bir ürünün o müşteri için nasıl görüneceğini ve hissedeceğinin doğru simülasyonunu sağlamaktadır. Üreticinin belirli bir kişi için özel bir ürün üretmesine olanak tanmaktadır. Dijital eşleşmeyle, cilt bakım ürünü sağlayıcısının, ilgili ürünü kullanan kullanıcının yazdan kışa geçerken, şehirden kırsal çevreye seyahat ederken, yaşlandıkça cildinin nasıl değiştiğini anlaması gibi uzun vadeli analizler yapabilmesini de sağlayacaktır. Sağlayıcının bireysel tüketicinin cildini yakından tanımasını sağlar. Bu sağlayıcının ultra kişisel olmasına izin vermektedir, bu da modern tıbbın gitmek istediği nokta olup kişiselleştirilmiş tıp kavramına yönelik önemli adımların kısa sürede atılabilesine imkân sağlayacaktır.

## 6. Sonuç

Dijital ikiz teknolojisi, sunmuş olduğu göz alıcı avantajları ile birlikte son dönemde popülerlik kazanmaya başlayan ve gün geçtikçe birçok farklı endüstride kullanılan bir yeni nesil teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijital ikiz teknolojisinin sağlık alanında kullanımı ile nihai olarak ulaşılmak istenen nokta; insanların dijital ikizlerinin oluşturulması olup bu aşamaya birden bire ulaşmak mümkün değildir. Bu nihai hedefe ulaşabilmeyi bir yolculuk olarak düşündüğümüzde, önemli duraklardan biri de hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulmasıdır. İnsan dijital ikizlerinden önce hayvanların vücutlarının modellenmesi sadece bu yolculuğa hizmet eden bir



durak olmayacak, sağlık alanında birçok konuda kullanılabilir olacak. Hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulması ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda da kullanılabilir. Bu deneysel çalışmaların en yaygın olarak yapıldığı alanlardan birisi de kozmetik sektördür. Geliştirilen ürünlerin insan sağlığı üzerine etkileri öncelikle deney hayvanları üzerinde test edilmekte, ilgili bilimsel testleri geçmeden insanların kullanımına sunulmamaktadır. Kozmetik sektöründe dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile birlikte; bilimsel amaçlar için kullanılsa dahi bu deneylerde kullanılan hayvanların ölümü ve acı çekmesi durumunu ortadan kaldıracak bir çözüm elde edilecektir. Diğer taraftan, her bir ürünün etkilerinin insanlarda ve hayvanlarda farklılık gösterdiği düşünüldüğünde, deneylerdeki etkinliğin ve doğruluğun artırıldığı çözümler de elde edilebilecektir. Kısacası, kozmetik sektöründe dijital ikizlerin kullanımıyla, hem insanlar için hem de hayvanlar için yeni bir dönem başlamış olacaktır. Aynı zamanda dijital ikiz teknolojisinin sağlık alanında geleceği nihai nokta olan insan dijital ikizleriyle, COVID-19 pandemisinde yaşanan aşı geliştirme gibi kritik ve hızlı geliştirmelerin yapılması gereken durumlara da çözüm elde edilebilecektir. Kozmetik sektörü gibi, sağlık alanına temas eden sektörlerde elde edilecek tecrübe ve bilgi ile uygulama sayısında artış elde edilecek ve bu artış gelecek dönemde özellikle kişiselleştirilmiş tıp konularına yönelik çalışmaları tetikleyecektir.

## Kaynakça

- Aaron Parrott, & Lane Warshaw. (2017, May). *Industry 4.0 and the digital twin technology* | Deloitte Insights. Deloitte Insights.
- Balls, M. (1994). Replacement of animal procedures: alternatives in research, education and testing. *Laboratory Animals*, 28(3), 193–211.  
<https://doi.org/10.1258/002367794780681714>
- Be Cruelty-Free Campaign - Humane Society International*. (2021). <https://www.hsi.org/issues/be-cruelty-free/>
- D'Souza Karl. (2015). *Technology to Transform Lives: The SIMULIA Living Heart Model*.
- Dassault Systemes. (2017). *Living Heart - Dassault Systèmes*.  
<https://3dexperienlab.3ds.com/en/projects/life/living-heart/>
- Digital twin makes for clean cosmetics tanks - Achema*. (2021).  
<https://www.achema.de/en/magazine/article/digital-twin-makes-for-clean-cosmetics-tanks>
- Forni, M. (2007). Laboratory Animal Science: A Resource to Improve the Quality of Science. *Veterinary Research Communications 2007 31:1*, 31(1), 43–47.  
<https://doi.org/10.1007/S11259-007-0096-2>
- Güven, Y. (2020, April 11). *Deneysel ve bilimsel çalışmalarda insandışı hayvan kullanım oranları - Yeşil Gazete*.  
<https://yesilgazete.org/deneysel-ve-bilimsel-calismalarda-insandisi-hayvan-kullanim-oranlari/>
- Kasey Panetta. (2017, August). *Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 - Smarter With Gartner*. Gartner.
- Kozmetik Bilimi - Kozmetik Dünyasına Dair Bilmeniz Gereken Herşey...* (2007).
- L'Oréal Group: Decoding the Digital Transformation*. (2021).
- Luo, Q., Wu, J., Erö, C., Gewaltig, M.-O., Keller, D., & Markram, H. (2018). A Cell Atlas for the Mouse Brain. *Frontiers in Neuroinformatics* | [www.Frontiersin.Org](http://www.frontiersin.org), 12, 84. <https://doi.org/10.3389/fninf.2018.00084>

- Philips. (2018, August 30). *The rise of the digital twin: how healthcare can benefit - Blog | Philips*.  
[https://www.philips.com/content/corporate/en\\_AA/about/news/archive/blogs/innovation-matters/20180830-the-rise-of-the-digital-twin-how-healthcare-can-benefit.html](https://www.philips.com/content/corporate/en_AA/about/news/archive/blogs/innovation-matters/20180830-the-rise-of-the-digital-twin-how-healthcare-can-benefit.html)
- TCS Digital Skin Twin Platform*. (2021).  
<https://www.tcs.com/tcs-digital-skin-twin-platform>
- The Humane Society of the United States. (2021). *Save Ralph - A short film with Taika Waititi - YouTube*. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=G393z8s8nFY>



## Blokzincir Mimarisi ve Getirdiği Fırsatlar

Arif Furkan Mendi<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0750-4012), [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009655)

**ATIF/REFERENCE:** Mendi, A. F. (2021). Blokzincir Mimarisi ve Getirdiği Fırsatlar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 181-186.

### Öz

Son yıllarda özellikle Bitcoin kripto parasının finansal alanda yapmış olduğu sansasyonel çıkış ile birlikte, Bitcoin'in altyapısındaki teknoloji olmasının da etkisiyle blokzincir teknolojisi giderek popüler hale gelmiştir. Blokzincir, tüm işlemlerin bloklar üzerinde şifrelenerek tutulduğu, alıcı ve satıcı tarafların herhangi bir üçüncü tarafın onaylamasına gerek olmaksızın kendi aralarında güvenli bir şekilde alışveriş yapmasına olanak tanıyan merkezi olmayan işlemsel veritabanı teknolojisidir. Bu işlemsel veri tabanı teknolojisinde tüm işlemler, sistemdeki kullanıcılara açık olan "Dağıtık (Açık) Defter" adı verilen bir yapıda kayıt altına alınır. Geleneksel yaklaşımda (merkezi veritabanı), veritabanı üçüncü bir tarafça kontrol edilirken, Blokzincir yaklaşımında veri tabanının birer kopyası tüm katılımcılarda bulunur. Böylelikle, verilerin bozulması ve tahrip edilmesi önlenir. Güvenlik, aracısız işlem, şeffaflık gibi avantajlar Blokzincir teknolojisini çekici kılmakta, birçok teknoloji şirketinin yatırım yapmasına ve mevcut sistemlerini blokzincir teknolojisi ile değiştirme eğilimi göstermesine sebep olmaktadır. Tüm bu avantajların temelinde ise blokzincir teknolojisinin sahip olduğu mimari yapısı yer almaktadır. Bu çalışmada blokzincir ağ mimarisi, kriptografik blok anahtarı yapısı ve fikir birliği yapısının bütüncül olarak blokzincir yapısı olarak ele alınması; bu yapının sağladığı avantajları ve ortaya çıkarttığı fırsatlar değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Blokzincir, Blokzincir Mimarisi, Dağıtık Defter

## Blockchain Architecture and Opportunities

### Abstract

In recent years, especially with the sensational breakthrough of Bitcoin cryptocurrency in the financial field, blockchain technology has become increasingly popular with the effect of being the technology in the infrastructure of this cryptocurrency. Blockchain is a decentralized transactional database technology where all transactions are kept encrypted on blocks, allowing buyers and sellers to securely exchange transactions between themselves without the need for any third-party approval. In this transactional database technology, all transactions are recorded in a structure called "Distributed (Open) Ledger" that is open to users in the system. In the traditional approach (central database), the database is controlled by a third party, while in the Blockchain approach, all participants have a copy of the database. Thus, data corruption and destruction are prevented. Advantages such as security, agentless processing, and transparency make Blockchain technology attractive, causing many technology companies to invest and tend to replace their existing systems with blockchain technology. On the basis of all these advantages, there is the architectural structure of blockchain technology. In this study, the blockchain network architecture, cryptographic block key structure, and consensus structure will be considered as a blockchain structure, the advantages and opportunities of this structure will be evaluated.

**Keywords:** Blockchain, Blockchain Architecture, Distributed Ledger

\* Sorumlu Yazar: HAVELSAN, Simülasyon Otonom ve Platform Yönetim Teknolojileri, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0750-4012, [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)

## 1. Giriş

Blokzincir teknolojisi 1992'de geliştirilmiş, 2008 yılında Bitcoin kripto parasının temeli olarak kullanılmıştır. Bitcoin en popüler ve yaygın olarak tanınan kripto para birimi olsa da blokzincir teknolojisinin kökleri çok daha eskiye dayanmakta ve çok daha fazlasını vadetmektedir. Yalnızca finansal işlemleri değil aynı zamanda değer atfettiğimiz hemen hemen her şeyi kaydetmek için programlanabilen, işlemlerin bozulmaz bir dijital defterini sağlamaktadır. Mülk sahipliği, eğitim bilgileri, finansal hesaplar, oy sistemleri, sağlık raporları gibi kodla ifade edilebilecek birçok alanda uygulanabilmektedir. Hatta evlilik ve doğum gibi kayıtların bile blokzincir teknolojisi ile takip edilebileceği değerlendirilmektedir. Akıllı mülkiyet alışverişi, blokzincir teknolojisinin kullanılabilirdiği bir diğer önemli alandır. Bu geniş ürün yelpazesi ve uygulama alanlarının çeşitliliği sebebiyle blokzincir teknolojisinin popülerliği gittikçe artmaktadır. Hatta bazı teknoloji uzmanları daha da iddialı bir yaklaşımda bulunarak, blokzincir teknolojisini “Yeni İnternet” etkisi yapabileceğini savunmaktadır. Bu iddialı yaklaşımın temelinde blokzincir teknolojisini devrimsel özellikleri yatmaktadır. Dağıtık muhasebe defteri, bu devrimsel özelliğin sebebidir. Dağıtık muhasebe defteri, ağdaki tüm katılımcılarla paylaşılır, gerçekleşen her işlemi, katılan her bilgisayarda kaydeder ve depolar. Böylelikle banka gibi güvenilir üçüncü taraflara olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Nispeten yeni bir teknoloji olmasına rağmen, yapılan çalışmaların sayısı çarpıcı bir şekilde artmakta, büyük şirketlerin saha çalışmaları yapma eğiliminde olduğu görülmektedir.

“Harvard Business Review” çalışması ile blokzincir teknolojisini konu alan bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada blokzincir teknolojisi, anlaşmaların dijital ortamda koda gömülü olarak tarafların erişimine şeffaf bir şekilde sunulduğu; silinme, değiştirilme, tahrip edilme gibi dış müdahalelere karşı korunaklı bir veritabanı olarak tanıtılmıştır. Bu dijitalleşme ile sistem üzerindeki her anlaşma, süreç, görev ve ödemenin tanımlanmasına, doğrulanmasına, saklanmasına ve paylaşılmasına olanak tanıyan dijital bir kayıt ve imzaya sahip olacaktır. Dolayısıyla bankalar, avukatlar, noterler gibi güvenilir üçüncü taraf onaylayıcılara olan zorunlu ihtiyaç ortadan kalkacak; insanlar, organizasyonlar, cihazlar birbirleriyle dış dâhillerin en aza indirildiği bir yapıda iletişim kurabileceklerdir. Blokzincir teknolojisini göz alıcı potansiyeli buradan gelmektedir (Mooney, 2011). Bu çalışmada, blokzincir teknolojisini sunmuş olduğu mimarinin avantajları ve ortaya çıkarttığı fırsatlar değerlendirilecektir.

Blokzincir teknolojisini tercih edilmesindeki avantajlar üzerine kurulmuş olduğu mimariye dayanmaktadır. Veri tabanı yapısı tamamen dağıtıktır. Yani sistemdeki işlemleri kontrol eden herhangi bir merkezi otorite mevcut değildir. Blokzincir, kullandığı ileri kriptografik sayesinde dağıtık defterdeki kayıtların silinmesini veya değiştirilmesini engeller, yapılan işlemlerin kaynağını ve gideceği adresi tanımlayarak verinin doğruluğunu sağlar. Kripto para birimleri tarafından kurulan blokzincir ağları, sisteme dâhil olan herkesin okuyup yazabilmesi için halka açıktır. Ancak, erişimin yalnızca belli taraflarca sağlanabileceği özel, izinli blokzincir ağları oluşturmak da mümkündür. Verilerin hassas olduğu durumlarda, verinin tamamının tutulması yerine verileri açığa çıkarmayan kriptografik özetler blokzincir ağı üzerinde taşınabilir. Böylelikle, gizli verilerin açık bir şekilde tutulması yerine, karma kodu sistem üzerinde tutularak verinin güvenliği

sağlamlaştırılır. Bu ve bunun gibi esnek çözümler ve alternatifler sayesinde blokzincir teknolojisi ihtiyaca göre farklı çözümler sunmaktadır.

Blokzincir ağında gerçekleşen tüm hareketler, işlemlerin tutulduğu ve tüm kullanıcılara açık olan “Dağıtık Defter” adlı bir yapıda kayıt altına alınır. Geleneksel yaklaşımda (merkezi veritabanı), veritabanı üçüncü bir taraf tarafından kontrol edilirken, blokzincir yaklaşımında veri tabanının kopyası tüm katılımcılarda mevcuttur, böylece verilerin bozulması ve yok edilmesi önlenir. Bu dağıtık yapıda, verinin değiştirilebilmesi için ilgili değişikliklerin sistemdeki tüm bilgisayarlara kaydedilmesi gerekir. Bunun için de veri ağına çoğunluğunun değişikliği onaylanması ve doğrulanması gerekir ki bu da yapılacak her türlü siber saldırının başarılı olmasını neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Güvenlik, aracısız işlem, şeffaflık gibi avantajlar Blokzincir teknolojisini çekici kılmakta, birçok teknoloji şirketinin yatırım yapmasına ve mevcut sistemlerini blokzincir teknolojisi ile değiştirme eğilimi göstermesine sebep olmaktadır. Bu teknolojik yeniliğin temelinde üç anlayış yer almaktadır. Bunlar, merkezi olmayan ağ mimarisi, kriptografik anahtarlar yapısı ve dağıtık fikir birliği kavramlarıdır. Hiçbiri yeni olmayan bu üç kavram bir araya getirilerek yeni bir yapı, yani blokzincir teknolojisi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, blokzincir teknolojisini sunmuş olduğu mimarinin avantajları ve ortaya çıkarttığı fırsatlar değerlendirilecektir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında önemli bilimsel veri tabanları taranmış, buradaki kaynaklar birincil veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Ayrıca blokzincir teknolojisini son dönemlerde popülerliğinin artması, dolayısıyla eski çalışma sayısının sınırlı olması sebebiyle güncel veriye erişim ihtiyacı sebebiyle teknolojik gelişmelerin incelendiği internet sayfaları ve yazılar da veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Çalışma öncelikle blokzincir yapısının araştırılması adımı ile başlamıştır. Blokzincir yapısının derinlemesine incelemesi; ağ mimarisi, kriptografik anahtar yapısı ve fikir birliği mekanizmasının irdelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Ardından blokzincir teknolojisini getirdiği avantajlar ve kullanım örnekleri incelenmiş, araştırma sonuçlarının tartışılması ve sonuç ile çalışma tamamlanmaktadır. Çalışma yöntemleri adımları Görsel 1’de yer almaktadır.



Görsel 1: Çalışma Yöntem Adımları

## 2.3. Gerçekleştirilen Çalışma

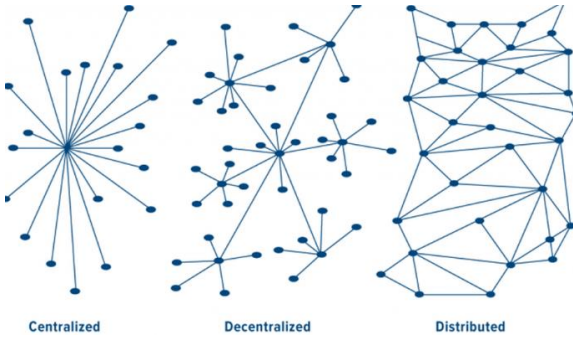
### 2.3.1. Blokzincir Yapısının Araştırılması

Blokzincir teknolojisi devrimsel nitelikte çözümler sunmakta, teknoloji firmalarının bu teknolojiye yatırım

yapmasına sebep olmaktadır. Bu teknolojik yeniliğin temelinde üç temel unsur yer almaktadır. Bunlar, merkezi olmayan ağ mimarisi, kriptografik anahtarlama yapısı ve dağıtık fikir birliği kavramlarıdır. Hiçbiri yeni olmayan bu üç kavram bir araya getirilerek yeni bir yapı, yani blokzincir teknolojisi ortaya çıkmıştır. Bu bölümde bu üç yapı ele alınacaktır.

### 2.3.1.1. Blokzincir Yapısının Araştırılması

Günümüzde yaygın olarak birçok alanda kullanılan bilgi sistemleri, bilgisayarların birbirlerine bağlanması sonucu oluşmaktadır. Ağ üzerinde bilgisayarlar farklı görevleri yerine getirmekte ve oluşan veri/bilgi ağ üzerinde yayılmaktadır. Her bir bilgisayarın veya kullanıcının farklı rolleri ve sorumlulukları olmakta, verinin işlenmesi için farklı yöntemler benimseyebilmektedirler. Temelde, verinin depolanması, işlenmesi ve yönetilmesi için ağ tipleri farklılık göstermekte, kurulacak sistemin ihtiyacına göre uygun tipin belirlenmesi gerekmektedir. Ağ tiplerini incelediğimizde karşımıza üç temel seçenek çıkmaktadır. Bunlar, merkezi, merkezi olmayan ve dağıtık ağ tipleridir. (Bkz. Görsel 2).

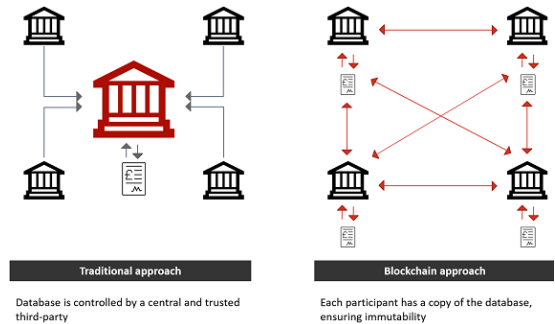


Görsel 2: Ağ Tipleri (Frank Holmes, 2018)

- i. **Merkezi:** Ağ, tek bir otorite tarafından kontrol edilir, yönlendirilir ve kararlar alınır (Tasca & Tessone, 2018). Bu ağ tipi için verilebilecek en iyi örnek bankalardır. Bankanız, merkezi bir ağdaki işlemlerin tekliğini doğrulama nosyonunu sahiptir. Ayrıca çift harcama gibi hatalı durumların kontrolü ve yönetimi de bankanızın sorumluluğundadır. Örneğin hesabında 50TL olan bir müşteri düşünün. Banka, bir manipülasyon veya bir sorun nedeniyle bu kişinin iki kez 50TL (çift harcama sorunu) para transferi yapmasını engelleyecektir. Böylelikle, müşterinin para kaybı yaşamayacağını garanti etmek bankanın sorumluluğundadır. Bu tür yapılarda merkezi kontrol noktası tüm taraflarca yetkilendirilmiş ve güvenilen bir yapıdır. Twitter uygulaması bir diğer önemli merkezi ağ uygulama örneği olarak verilebilir. Taraflar paylaşacakları bilgiyi merkezi yapıya verir, ağ üzerinde paylaşılma kuralları belirlenir ve bu kurallar doğrultusunda merkezi noktadan bilginin paylaşımı gerçekleştirilir.
- ii. **Merkezi olmayan:** Hiçbir kişinin, kurumun veya makinenin başkalarına ne yapacaklarını söylemediği bir yapıdır. Örneğin Ethereum, paranın bir kurum tarafından basılmaması ve değer atfedilmemesi, bunun yerine onu kullanan topluluk tarafından yaratılması ve değer atfedilmesi ilkesiyle oluşturulmuş, merkezi olmayan bir para birimidir. Bilişim teknolojileri terminolojisi ile açıklamak gerekirse, bu tür bir ağın çalıştırılıp, yaşamaya devam ettirilebilmesi için özel bir tekil makineye/otoriteye ihtiyaç duyulmamaktadır.

- iii. **Dağıtık:** Dağıtık ağ mimarisi, ağa bağlı bilgisayarlarda bulunan bileşenlerin mesajlar ileterek iletişim kurduğu ve eylemlerini koordine ettiği bir modeldir (Coulouris et al., 2011). Bu tanımdan yola çıkarak, merkezi olmayan bir sistemin aynı zamanda dağıtık bir sistem olduğu söylenebilir. Temelde merkezi olmayan veri tabanları ile benzer şekilde tanımlansa da burada sistem birden fazla makineye yayılmış durumdadır. Bu, bir makinenin servis dışı kalması durumunda sistemin çalışmayı bırakmaması anlamına gelir. Yine önemli bir diğer konu, merkezi bir kontrol noktasının olmamasıdır. Büyük boyuttaki internet uygulamalarının ve hizmetlerinin dağıtık olarak sunulduğunu görsek de internet uygulamalarının büyük çoğunluğu merkezi yapıdadır. Bunun sebebi, uygulama sahibi şirketlerin istedikleri zaman uygulamaları güncelleme, değiştirme veya kullanıma kapatma gibi işlemleri tek yetkili olarak yapmak istemesidir. Ethereum merkezi olmayan bir mimari sunmasının yanında aynı zamanda dağıtık yapıdadır. Kullanıcılarına dağıtık uygulamalar geliştirmek için altyapı sağlar.

Bir önceki bölümde açıklandığı gibi, blokzincir teknolojisinin en önemli özelliklerinden biri, dağıtık defter olarak adlandırılan geleneksel olmayan ağ yaklaşımının sebebidir. Dağıtık defter teknolojileri (DLT); kullanıcıların, kendi standartlarını ve süreçlerini dayatan merkezi bir doğrulama sistemi kullanmaya gerek kalmadan, katılımcılarla paylaşılan ortak bir defterdeki kayıtları değiştirmelerine olanak tanıyan teknolojidir (Pinna & Ruttenberg, 2016). Bu iddialı yaklaşımın nedeni, yenilikçi özellikleriyle ilgilidir. Dağıtık defter kurulmuş ve dağıtılmış bir bilgisayar ağına katılan tüm taraflarca paylaşılır. Ağda gerçekleşen her işlemi, katılan her bilgisayarda kaydeder ve depolar. Özellikle, ödeme işlemlerindeki gibi güvenilir üçüncü taraflara(banka) olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Sisteme dâhil olan tüm düğümlerin bu dağıtık deftere erişimi vardır. Sistemdeki tüm katılımcılara bunun birer kopyası sağlanmaktadır. Geleneksel yaklaşımla karşılaştırırsak; veri tabanı (merkezi olan) geleneksel yaklaşımda üçüncü bir taraf tarafından kontrol edilirken, blokzincir yaklaşımında veri tabanının kopyası tüm katılımcılara açıktır. Böylelikle, verilerin bozulması ve yok edilmesi önlenir (Bkz. Görsel 3).



Görsel 3: Geleneksel ve Blokzincir Yaklaşımlarının Karşılaştırılması (Technology, 2018)

Ağ mimarisini ve veri tabanı yapısını özetlersek; geleneksel yaklaşımda (blokzincir öncesi) merkezi onay ve hesaplama mekanizması ile oluşturulan "Merkezi Veri Tabanı" varken; blokzincir yaklaşımı sonrası, merkezi olmayan onay ve hesaplama mekanizması ile oluşturulan "Dağıtık Defter" kavramı bulunmaktadır.



### 2.3.1.2. Kriptografik Blok Anahtarı Yapısı

Dağıtık defter konseptiyle sağlanan merkezi olmayan ağda süreçler, bu blokların birbiri ardına yerleştirilmesiyle zincirlerin oluşturulduğu "Bloklar" üzerinde tutulur. Bloklar üzerindeki işlemler gruplanmıştır ve tüm ağ için görüntülenebilen tek bir zincir vardır. Kriptografi, blokların manipülasyonunu önlemek ve bunları zincirin sonuna eklemek için kullanılır. Kullanılan kriptografik şifreleme mekanizması sayesinde her bir kullanıcının açık ve kapalı olmak üzere iki tür anahtarı vardır. Alıcı tarafın, kendi açık adresini satıcı taraf ile paylaşması sonrası el değişim süreci başlar. Değişime konu değer transferi için karma(hash) kodu adı verilen blok imzası ile gerçekleştirilir. Açık adresleri kriptografi kullanılarak oluşturulur, değer transferi bu adresler ile sağlanır (Pilkington, 2016). Açık anahtarlar asla gerçek dünya kimlikleri ile eşleşmemekte ve böylelikle blokzincir teknolojisinin sunduğu anonimlik özelliği sağlanabilmektedir. Gönderen taraf kapalı anahtarını kullanarak değeri imzalar ve transfer sürecini başlatır. Kapalı anahtarlar asla bir başka kullanıcı ile paylaşılmaz. Bu kişiye özgü bir bilgidir.

Blokzincir ağı şeffaftır; zincirdeki her blok bir öncekine referanstır. Blok üzerinde saklanacak veriler, eklenecek zincir bloğun link bilgisi ile kriptografik şifreleme ile paketlenir. Bloktaki veri veya önceki blok bağlantısının adresi değiştirilirse, bu şifreleme kodu yani karma kodu tamamen değişir ve bu da sistemde tanınmayan bir bloğa neden olur. Böylelikle, verideki manipülasyon kolaylıkla tespit edilir. Bu mekanizma sayesinde sistemin güvenliği ve veri bütünlüğü sağlanır.

### 2.3.1.3. Fikir Birliği Mekanizması

Blokzincir, tüm işlemleri içeren ve ağ üzerinde uçtan uca tutulan birleştirilip katılımcılar arasında kopyalanan bir defterdir. Bu işlemler parasal işlemlerden mülk transferine kadar her şey olabilir. Ağdaki üyeler, düğüm adı verilen anonim kişilerdir. Ağda kurulan tüm iletişimlerde, gönderen ve alıcıyı güvenli bir şekilde tanımlamak için kriptografi kullanılır. Bir düğüm deftere bir kayıt eklemek istediğinde, bu kaydın nerede olması gerektiğine fikir birliği karar verir. Fikir birliğine blok da denir. Fikir birliği, yönetim organı ve karar alıcıdır. Yeni bir bloğun meşru olup olmadığını ve zincire eklenmesi gerekip gerekmediğini onaylamak için dağıtılmış fikir birliği yöntemi uygulanır (Charleer et al., 2016). Sistem üzerinden bir değer gönderip almak isteyen kullanıcının bir kapalı anahtara ve ona bağlı bir açık anahtara sahip olması gerekir. Kapalı anahtar, dijital imzalama sürecinde sahip olduğumuz nesneyi birisine göndermemiz için ihtiyacımız olan anahtardır. Bununla ilişkili olan açık anahtar ise hem başkalarının nesnelere gönderebileceği bir adres görevi görür hem de şifrelenmiş mesajı açmamıza ve özel anahtarımızla içeriğini kontrol etmemize olanak sağlar. Ayrıca açık anahtar sayesinde sistemdeki diğer tüm taraflar işlemin geçerliliğini kontrol eder. İmzalayarak şifrelediğimizi iddia ettiğimiz mesaj genel anahtarımızla açılmıyorsa, geçerli bir talebimiz olmadığı ve transfer işleminin geçersiz olduğu anlamına gelir.

Özel anahtarla imzalanan transfer işlemi P2P(Uçlar Arası) ağında yayınlanır. Yani mesaj, yalnızca alıcıya değil, ağda bağlı olduğumuz tüm düğümlere gönderilir. Mesajı ilk kez alan düğümler ayrıca sürecin meşru ve geçerli olup olmadığını kontrol eder ve ardından bunu bağlı oldukları düğümlere dağıtır. Böylece kısa sürede işlem, alıcımız da dâhil olmak üzere tüm ağa yayılır. Mesajı alan düğümler, içeriğin şifresini çözmek ve kontrol ederek mesaj içeriğini açmak için açık anahtarımızı

kullanır. Bu doğrulama başarısız olursa, mesaj reddedilir ve işlem başarısız sayılır.

Başarılı işlemler, madenci olarak adlandırılan bir düğüm tarafından "Onaylanmamış İşlem Havuzu" olarak tanımlanan bir listeye alınır. Buradaki "Onaylanmamış" ifadesi, kurallara uygun ve geçerli olmadığı şeklinde yorumlanmamalıdır. Kurallara uygun bulunmayan bir mesaj bu listeye eklenmez. Bu işlem havuzu, bekleme listesi gibi düşünülebilir. Konu, işlemin henüz blok zincirine bir blok halinde eklenmemiş olmasıdır. Zincire blok eklemek ve süreci tamamlamak için bu işlemlerin onaylanması gerekir. Bu onay "Madencilik" ile gerçekleştirilir. Madenciler temel olarak yeni işlemleri onaylar ve bunları dağıtık deftere kaydeder. Bir işlemin, bir bloğun parçası haline geldiği ve blokzincir ağına eklendiğinde onaylandığı söylenir. Ancak madencilik işlemi, önemli bilgisayar hesaplama gücü gerektirir. Öne çıkan iki madencilik yöntemi vardır: "Proof of Work" ve "Proof of Stake".

### Proof of Work (PoW)

Yeni bir bloğun usule uygunluğu ve zincire eklenmesi gerekliliği konusunda mutabakata varmak için dağıtık fikir birliği sağlanmalıdır. Bu, bir katılımcının bilgisayarının, blokzincir ağına yeni bir öge eklemeyi denemeden önce önemli miktarda hesaplama çalışması gerçekleştirmesini gerektirir. Ağa uygun olmayan bir blok eklemek ve bunu fikir birliği ile kabul ettirmek çok zordur. Bu noktada fikir birliği yöntemlerinden Proof of Work(PoW) madencilik yöntemi ilk ve en yaygın kullanılan doğrulama yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Charleer et al., 2016).

Madenciler, "blok" adı verilen belirli bir boyutu aşmayan bir listeyi oluşturmak için onaylanmamış işlemler üzerinde rekabete girerler. Her blok için yüksek bir hesaplama çabasına girerek, o bloğa yerleştirilen tüm işlemlere bağlı olarak değişen özel bir koşul sağlayan ve standart bir formülle hesaplanamayan ancak bir önceki geçerli bloğa referans veren bir kriptografik şifre (karma) bulmaya çalışırlar. Bu değeri bulan madenci ilk önce yeni bloğu, blok için bulduğu hash değerini ve deneme yanılma sonunda bu hash'e ulaşmasını sağlayan "nonce" adlı başka bir sayısal değeri ağa yayınlamalıdır. Bu işlemi ilk tamamlayan ve uygun zincirin sonuna bloğu ekleyen madenci, işlem ödülünü ve o blok üzerindeki işlemlerde göndericiler tarafından belirtilen "işlem ücreti" adı verilen transfer ücretlerini alır.

Hash ve nonce değerlerini bulma sürecinde; işlemlerin geçerliliği kontrol edilir ve geçerli işlemlerden geçerli blokların oluşturulması sağlanır. Bu işleme "Proof of Work" yani iş kanıtı adı verilir çünkü çok fazla CPU gücü gerektirir ve geçerli bir hash ve nonce bulmak kanıtlanması gerekir.

Bir bloğun doğru hash değerini bulmak için trilyonlarca "nonce" değeri denemek gerekli olabilirken, bunları bir adımda bulmak mümkün değildir, böyle bir iddiada bulunuluyor ise doğru olma ihtimali imkânsıza yakındır. Blok, hash ve nonce değerleri tutarlaysa, madenciler bu bloğu doğru bir şekilde kabul edecek ve bir sonraki bloğu bu bloğun sonuna eklemek için havuzdan bir dizi doğrulanmamış işlem emri üzerinde çalışmaya başlayacaktır.

### Proof of Stake (PoS)

Blokzincir ağında işlemlerin doğrulanması için bir başka kimlik doğrulama türü Proof of Stake(PoS)'dir. Aslında bu yöntem tam olarak bir madencilik değildir, çünkü kullanıcıların yeni para kazanmak için hiçbir karmaşık hesaplama yapmalarına

gerek yoktur. Bu nedenle adı madencilik olarak değil "Minting" yani para basımı olarak da geçmektedir. Bu yöntemde, işlemleri basmak için elektronik cüzdanınızda değer bulundurmanız gerekir. Doğrulama işlemi sonucu elde edeceğiniz kazançlar, cüzdanınızda tuttuğunuz değerlerin miktarı ile doğru orantılı olacaktır.

PoW yöntemine kıyasla binlerce kat daha fazla maliyet tasarrufu sağlar. Yüksek hesaplama gerektirmediği için elektrik tüketim maliyeti neredeyse sıfırdır. Ek olarak, yatırımcılar daha fazla yatırım yapmaya teşvik edilir çünkü ödüller cüzdanlarındaki değer miktarına bağlıdır.

PoS yöntemi ilk olarak 2012 yılında bazı alternatif kripto paralar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Ethereum şu anda PoW yönteminden PoS yöntemine geçiş yapmaktadır. Peercoin, Ohm coin, MorningStar, OkCash gibi yeni çıkan kripto para birimlerinin birçoğu PoS yöntemini kullanmaktadır.

PoW ve PoS yöntemlerine ek olarak farklı konsensüs modelleri de mevcuttur. Doğrulama yöntemleri, kurulacak Blockchain sisteminin ihtiyaçlarına göre değişiklik gösterir. PoW ve PoS yöntemleri ağırlıklı olarak kripto para birimlerine sahip bir sistem söz konusu olduğunda tercih edilirken, farklı türde bir uygulama yapılandırıldığında uygulamanın ihtiyaçlarını karşılayacak uygun doğrulama yöntemi kullanılmalıdır.

### 2.3.2. Avantajları ve Kullanım Örnekleri

Blokszincir teknolojisinin merkezi olmayan veritabanı yapısı sayesinde ortaya çıkan avantajları temel olarak dört başlık altında özetleyebiliriz:

- i. **Aracsız işlem:** Merkezi olmayan veri yapısı sayesinde, güvenilir bir merkezi otoriteye ihtiyaç yoktur. Bu sayede hem operasyonel hem de bakım maliyetlerinde ciddi tasarruflar el edilir.
- ii. **Şeffaflık:** Ağdaki tüm faaliyet kayıtları dağıtık defterde tutulduğundan, ağdaki katılımcıların sistemdeki tüm verileri görüntülemesi mümkündür. Ağ üzerindeki tüm işlemler şeffaf bir şekilde takip edilebilir, böylece veri manipülasyonu önlenir. Sistemdeki varlığın hangi kaynaktan nereye gittiğini ve hangi kişilerin elinden geçtiğini takip etmek için ideal bir platformdur.
- iii. **Gizlilik:** Sistemdeki katılımcılar, tüm işlemleri görebilmekle birlikte işlemi kimliklerle ilişkilendiren bilgileri göremezler. Bir yandan işlemler şeffaf bir şekilde görüntülenirken diğer yandan kullanıcıların kişisel bilgileri gizlidir ve şifresi çözülemez.
- iv. **Güvenlik:** Sistem saldırılara dayanıklıdır. Blokszincir ağında merkezi bir kontrol noktası olmadığı için siber saldırının tüm uçlara yapılması gerekir ki bu da yüksek efor gerektirecek ve ekonomik olarak çok mantıklı olmayacaktır. Bir siber saldırı neticesinde blokszincir ağının %51'inin saldırgan tarafından kontrol edildiğini varsayalım. Ağ içindeki değer düşeceğinden saldırganın ağa zarar vermesi ekonomik açıdan faydalı olmayacaktır. Ayrıca, blokszincir ağlarının hata toleransı oldukça yüksektir. Merkezi olmayan ağları oluşturan çok sayıda farklı makine olması nedeniyle sistemin çökme ihtimali daha düşüktür. Tüm bir ağı çökertmek için her ucun tek tek hedeflenip düşürülmesi gerekir ki

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tüm bu örnek çalışmalardan da görülebileceği üzere, blokszincir teknolojisi giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. e-ISSN: 2148-2683

sistem çöksün. Bu da ihtimali oldukça zayıflatmaktadır. Ağın siber saldırı neticesinde ikiye ayrılması durumunda bile, ağın yarısı diğer kısım olmadan çalışabilir. Hatta saldırgan ağın %51'lik kısmının kontrolüne sahip olsa da saldırı direnci yine de koruyucu bir faktör olacaktır.

Tüm bu avantajları ile blokszincir, son yıllarda popüler hale gelmiştir. Birçok şirket ve kuruluş, blokszincir tabanlı sistemler geliştirmeye veya mevcut sistemlerini blokszincir teknolojisine taşımaya başlamıştır. Blokszincir teknolojisinin yaygınlaşması konusundaki gelişmelere baktığımızda aşağıda sıralanan bazı örnekleri görebiliriz:

- ABN Amro, ING Bank, RaboBank gibi büyük Hollanda bankaları, 2014'ün sonunda blokszincir konusunda çalışmalara başlamıştır (Petkovic & Arnab, 2018).
- Deutsche Bank ve Golden Sachs gibi önemli bankalar, blokszincir teknolojisinin önemini vurgulayarak bu teknolojiye geçme yönünde çalışmalarının olduğunu belirtmişlerdir (GoldmanSachs, 2018).
- MasterCard, blokszincir teknolojisi üzerinde çalışma gerçekleştirmektedir. Bunun en önemli kanıtlarından biri, anlık ödeme işlemlerinin blokszincir teknolojisi üzerinden yapılması konusunda patent başvurusu yapmış olmalarıdır (Zhao, 2018).
- Hindistan'ın en büyük bankası olan State Bank of India (SBI), blokszincir akıllı sözleşmelerinin kullanımına ilişkin çalışmalar gerçekleştirdiklerini ve bunları önümüzdeki dönemde kullanacaklarını duyurmuştur (Agarwal, 2018).
- Akbank, uluslararası para transferlerinde blokszincir teknolojisini kullanarak şeffaflığı artıran, işlemleri hızlandıran ve maliyetleri düşüren, blokszincir tabanlı çözümler sunan bir teknoloji firması olan Ripple ile anlaşma yapan ilk Türk bankası olmuştur (Akbank, 2018).
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, Sermaye Piyasası Kurulu ve Hazine Bakanlığı'ndan oluşan "Blokszincir Çalışma Grubu" kurulmuştur (Papuççıyan, 2017). Bu önemli gelişme, Türkiye Merkez Bankasının blokszincir teknolojisi konusunda çalışmalar gerçekleştirdiğini ve önümüzdeki dönemler için de planlamalarının olacağını göstermektedir.
- Kanada'da, blokszincir teknolojisini dijital kimlikler için kullanacağını duyurmuştur. Yeni dijital kimlik, SecureKey Technologies tarafından geliştirilmiş ve IBM tarafından desteklenmiştir. 2018 yılının ilk yarısı itibariyle tüketicilerin bu yeni dijital kimlik sistemine kaydolabilecekleri açıklanmıştır. Bu sayede kullanıcıların bankacılara, iletişim servis sağlayıcılarına ve hatta resmi makamlara karşı kimliklerini anında doğrulayabilmeleri hedeflenmiştir. Kullanıcı bilgileri tek bir noktada toplanmadığı için bu yeni dijital kimlik sisteminin, siber saldırılar sonucu ele geçirilme olasılığının büyük ölçüde azalacağı öngörülmektedir (Alexander, 2018).

Blokszincir teknolojisinin bu göz alıcı avantajlarını fark eden şirketler, bu yönde çalışmaya ve sistemlerini blokszincir teknolojisine taşıma eğiliminde bulunmaya başlamıştır. Ancak, durum değerlendirmesi yapılmadan mevcut bir sistemin

blokzincir teknolojisine geçirilmesi şirketler için genellikle olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Mevcut bir uygulamayı blokzincir teknolojisine geçirmeden önce bu teknolojinin sisteme uygunluğu mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. GARTNER firması bu konuda bir çalışma yayınlamış; söz konusu uygulamanın ihtiyaçlarının iyi analiz edilmesi gerektiği, blokzincir teknolojisinin buna uygun olması durumunda kullanılması önerilmektedir. Mevcut bir uygulama yenilenmek istendiğinde blokzincir teknolojisinin popülerliğinden etkilenerek otomatik olarak bu teknolojiyi seçmenin uygun olmayacağı vurgulanmaktadır. Riskler iyi analiz edilmeli, risk azaltma planları hazırlanmalıdır. Ardından yapılacak değerlendirmenin neticesinde blokzincir teknolojisini kullanmayı seçme, daha uygun olabileceği değerlendirilen farklı teknolojilere yönelme, blokzincir teknolojisini kullanmak üzere kapsamın daraltılması veya fazlara bölünmesi kararlarından biri alınmalıdır. Fayda maliyet analizi gerçekleştirilip, blokzincir teknolojisinin kullanılmasının getirileri maliyetlerden ağır basıyorsa ve risklerin yönetilebileceğine inanılıyorsa, projeye blokzincir teknolojisi ile başlamak iyi bir seçim olacaktır. Bunun yanı sıra, blokzincir teknolojisi o dönemde proje için uygun olmayabilir, bu nedenle teknolojinin olgunluğa ulaşması için beklemeye kararı alınabilir veya blokzincir teknolojisini kullanma kararı geri çekilebilir. Diğer taraftan, maliyetler çok yüksekse veya risklerin yönetilmesinde sorun olabileceği değerlendiriliyorsa; kapsamı daraltmak veya fazlara bölüp blokzincir teknolojinin aşamalı olarak kullanmak yönünde karar da alınabilir (Panetta, 2017).

Mevcutta çalışan ve yenilemek istediğimiz bir sistemde veya yeni geliştirmek istediğimiz bir sistemde; farklı paydaşlar varsa, bu paydaşlar arası mutabakat gerekiyorsa, proje ve teknoloji ile ilgili riskler de göz önünde bulundurularak blokzincir teknolojisini kullanma yönünde tasarrufta bulunmak mantıklı olacaktır. Aksi takdirde blokzincir teknolojisini bu ön koşulları yerine getirmeden, körü körüne kullanma kararı almak projeye fayda sağlamayacak, aksine başarısızlık getirecektir.

#### 4. Sonuç

Dijitalleşme ile birlikte, teknolojik gelişim hızlanmış, günlük hayat da dâhil olmak üzere pek çok alanda önemli değişiklikler görülmeye başlanmıştır. Özellikle COVID-19 dönemindeki fiziki kısıtlamalar, dijitalleşmenin önemini somut olarak ortaya çıkartmıştır. Blokzincir teknolojisi, dijitalleşme çağının en önde gelen teknolojilerinden biridir. Sunmuş olduğu aracısız işlem, şeffaflık ve yüksek güvenlik avantajları diğer teknolojilerden bir adım öne çıkmasına sebep olmaktadır. Bu avantajların sağlanmasındaki temel unsur blokzincir teknolojisinin mimari yapısından kaynaklanmaktadır. Uçtan uca dağıtık ağ mimarisi, fikir birliği mekanizması ve kriptografik anahtar yapısı bu avantajları ortaya çıkaran unsurlardır. Fakat blokzincir teknolojisi yeni yaygınlaşmaya başlayan bir teknoloji olması sebebiyle doğal olarak yüksek olgunluk seviyesine sahip değildir. Mevcut bir sistemimizi blokzincir teknolojiye geçirmek veya blokzincir teknolojisi ile bir sistem geliştirmek için ihtiyaçları ve riskleri detaylı incelemek başarı için kritiktir. Teknolojinin popülerliğinden etkilenerek, körü körüne kullanma kararı almak projeye fayda sağlamayacak, aksine başarısızlık ortaya çıkacaktır. Her ne kadar blokzincir teknolojisi şu an olgunluk dönemini yaşamıyor olsa da başarılı uygulama sayısının artması ile birlikte daha fazla tecrübe edinilecek, eksikler giderilecek ve teknolojik olgunluğa ulaşılabilecektir.

#### Kaynakça

- Agarwal, M. (2018). *SBI To Create Blockchain-Based Exchange For Recovering NPA's*. Inc42. <https://inc42.com/buzz/sbi-to-create-blockchain-based-exchange-for-recovering-npas/>
- Akbank. (2018). *Blockchain Teknolojisi Türkiye'de İlk Kez Akbank'ta*. Akbank. <https://www.akbanklab.com/tr/guncel/basinda-biz/blockchain-teknolojisi-Turkiyede-ilk-kez-akbankta>
- Alexander, D. (2018). *Canadians to Use Blockchain for Digital IDs*. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-11-14/forget-iris-scans-canadians-to-use-blockchain-for-digital-ids>
- Charleer, S., Klerkx, J., Duval, E., De Laet, T., & Verbert, K. (2016). *Creating Effective Learning Analytics Dashboards: Lessons Learnt*. In *Adaptive and Adaptable Learning*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_4)
- Coulouris, G., Dollimore, J., Kindberg, T., & Blair, G. (2011). *DISTRIBUTED OPERATING SYSTEMS: CONCEPTS AND DESIGN* (5th ed.).
- Frank Holmes. (2018). *Bitcoin is Just the Latest in the Trend Toward Decentralization*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/greatspeculations/2018/01/31/bitcoin-is-just-the-latest-in-the-trend-toward-decentralization-infographic/#78a89ac048ac>
- GoldmanSachs. (2018). *Blockchain the New Technology of Trust*. GoldmanSachs. <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/blockchain/>
- Panetta, K. (2017). *Are You Ready for Blockchain?* Gartner. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/are-you-ready-for-blockchain-infographic/>
- Papuççuyan, A. (2017). *Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Blockchain Calisma Grubu*. <https://webrazzi.com/2017/10/02/turkiye-cumhuriyet-merkez-bankasi-blockchain-icin-calisma-grubu-olusturuyor/>
- Petkovic, S., & Arnab, S. (2018). *Ideation to Realization: How Dutch Banks Are Harnessing Blockchain*. Coindesk. <https://www.coindesk.com/ideation-realization-dutch-bank-harness-blockchain/>
- Pilkington, M. (2016). *Research Handbook on Digital Transformations* (M. Z. F. Xavier Olleros (ed.)). [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=1\\_QCDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA225&dq=blockchain+public+key+cryptography&ots=s-41GDMFQ-&sig=usfePRUz2Uuj9bIMurTQfZpLk1c&redir\\_esc=y#v=onepage&q=blockchain+public+key+cryptography&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=1_QCDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA225&dq=blockchain+public+key+cryptography&ots=s-41GDMFQ-&sig=usfePRUz2Uuj9bIMurTQfZpLk1c&redir_esc=y#v=onepage&q=blockchain+public+key+cryptography&f=false)
- Pinna, A., & Ruttenberg, W. (2016). *Distributed ledger technologies in securities post-trading*. *European Central Bank: Occasional Paper Series, 172*, 1–35. <https://doi.org/10.2866/270533>
- Tasca, P., & Tessone, C. J. (2018). *Taxonomy of Blockchain Technologies. Principles of Identification and Classification*. *ArXiv*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2977811>
- Technology, O. W. (2018). *Can digital leaders still ignore Blockchain technology?* Openwt. <https://openwt.com/en/trends/blockchain>
- Zhao, W. (2018). *Mastercard Patent Would Put Credit Cards on a Public Blockchain*. Coindesk. <https://www.coindesk.com/mastercard-patent-would-put-credit-cards-on-a-public-blockchain/>





# The Effects of Normalization and Standardization an Internet of Things Attack Detection

Gozde Karatas<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Biruni Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2303-9410)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1017427)

**ATIF/REFERENCE:** Karatas, G. (2020). The Effects of Normalization and Standardization an Internet of Things Attack Detection. *European Journal of Science and Technology*, (29), 187-192.

## Abstract

It is a known fact that we live in the computer age and that many devices in the world have access to the internet. So how secure are these devices? Is there any guarantee that user information is not accessed from intruder? After the concept of the Internet of Things came into our lives, many things such as seeing the food in our home refrigerator, connecting to the Internet from the car and, and video chatting from our smart watch entered our lives. The number of malicious software is also increasing with these new connections. Researchers are increasingly emphasizing the importance of network security and intensifying their studies.

Data preprocessing is very important when designing a secure system. In this study, the importance of normalization and standardization in data preprocessing is examined to make machine learning approaches more successful for detecting attacks on IoT devices. The study was carried out in Logistic Regression, Decision Tree, and Stochastic Gradient Descent machine learning algorithms using the Bot-IoT dataset. Bot-IoT dataset is a popular dataset that is widely used in security studies on IoT devices. Normalization and standardization processes were applied to Bot-IoT dataset separately, so data preprocessing was performed, then selected machine learning algorithms were trained with these -normalized / standardized- datasets. As a result of the trainings made with machine learning algorithms, the values of Accuracy, Precision, Recall and F1 Score rates were examined. And as a result of the study, it was seen that the standardization increased the accuracy rate up to 99.96% in Logistic Regression.

**Keywords:** Bot-IoT, IoT intrusion, Machine learning, Intrusion detection.

## Normalizasyon ve Standardizasyonun Nesnelere İnterneti Saldırılarındaki Etkileri

### Öz

Bilgisayar çağında yaşadığımız ve dünyadaki birçok cihazın internete erişimi olduğu herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Peki bu internete bağlanan cihazlar ne kadar güvenlidir? Davetsiz misafirlerden –saldırgan- kullanıcı bilgilerine erişilmeyeceğine dair herhangi bir garanti verilebilir mi? Nesnelere İnterneti (IoT) kavramının hayatımıza girmesinden sonra evdeki buzdolabında bulunan yiyecekleri görmek, arabanın içinden internete bağlanmak, kullanılan akıllı saatten görüntülü sohbet etmek gibi pek çok şey insan hayatına girmiştir. Bu yeni kavramlar ile birlikte kötü amaçlı yazılımların ve saldırıların da sayısı artmaktadır. Bu konularda çalışma yapan araştırmacılar giderek artan veri sayısına bağlı olarak ağ güvenliğinin önemini vurgulamakta ve çalışmalarını bu alanda yoğunlaştırmaktadır.

Güvenli bir saldırı tespit sistemi tasarlarlarken veri ön işleme en önemli aşamalardan biridir. Ve IoT cihazlarında bu alanlarda yapılan çalışmalar hem dikkat çekmektedir hem de hız kazanmıştır. Yapılan bu çalışmada, IoT cihazlarına yönelik saldırıları tespit etmede makine öğrenmesi yaklaşımlarını daha başarılı kılmak için veri ön işlemede normalizasyon ve standardizasyonun önemini incelemek hedeflenmiştir. Buna göre çalışma, Bot-IoT veri kümesi kullanılarak Lojistik Regresyon, Karar Ağacı ve Stokastik Gradyan Arttırma makine öğrenme algoritmaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bot-IoT veri kümesi, IoT cihazlarında güvenliği sağlamak için yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılan popüler bir veri kümesidir. Seçilen bu veri kümesine veri ön işleme yapılmıştır, bunun için ayrı ayrı normalizasyon ve standardizasyon işlemleri uygulanmış ardından seçilen bu –normalize/standardize edilmiş- veri kümeleri ile belirlenen makine öğrenmesi algoritmaları eğitilmiş ve test edilmiştir. Makine öğrenmesi algoritmaları ile yapılan eğitimler sonucunda Doğruluk, Kesinlik, Geri Çağırma ve F1 Skor sonuçlarının değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ise Lojistik Regresyonda standardizasyonun doğruluk oranını %99.96'ya kadar arttırdığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Bot-IoT, IoT intrusion, Machine learning, Intrusion detection

\* Corresponding Author: Biruni Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2303-9410, [gbaydogmus@biruni.edu.tr](mailto:gbaydogmus@biruni.edu.tr)



## 1. Introduction

The internet has started to include in every aspect of our lives with the developing technology. Smart phones, smart watches, smart cities, etc. have become an indispensable part of our lives. Such concepts, in which the Internet is connected and data flow is provided are called the Internet of Things (Luo et al., 2020).

In the following years, it is aimed that data flow will be realized even from the thermos where we drink coffee, the chair we sit on, the clothes we wear and many more. Thanks to the increasing artificial intelligence studies in recent years, it has been seen that many things we see in fiction films are now possible. The need for security has started to increase with the increasing data with IoT technology.

Big data flow will also introduce uncontrollable security vulnerabilities. Network security, which is the biggest problem of our age, is now a big problem not only for computers but also for every device connected to the internet (Luo et al., 2020; Abbasi et al. 2021; Shafiq et al., 2020). Researchers have been working to solve this problem for years, and especially with the graphics card technology that has developed in recent years, machine learning and artificial intelligence algorithms allow network security studies to be more successful.

One of the most important things for people in all areas of life has been security. Approaches such as personal security, property security, device security have been in our lives for a very long time. The common name given to the systems used to ensure security in computers is gathered under the title of Intrusion Detection System (IDS). Before explaining IDS, it is necessary to look at the concept of attack. Actions taken by malicious people to harm something or a person are called attacks. In computer science, it can be explained with examples such as making a network dysfunctional by sending too many requests, accessing interpersonal information secretly, changing the information of users. Here, systems that prevent/warn such attacks by noticing in advance are called intrusion detection systems. It is very important and necessary to develop IDS for IoT devices. Figure 1 shows IoT device security.



Figure 1. IoT Security with IDS

It seen that normalization is generally used for data preprocessing when the literature is examined. Researchers overlook that standardization can further increase the accuracy of the model. In this study, the effects of normalization and

standardization methods on machine learning algorithms used to provide security in IoT devices were examined. The aim of the study is to obtain both faster and more successful algorithms with dataset normalization and standardization. In the study, the performances of Logistic Regression, Decision Tree and Stochastic Gradient Descent algorithms were examined using the Bot-IoT dataset. For this, Min-Max normalization and Standard Scaling methods were applied on Bot-IoT dataset after data preprocessing. Then, the selected machine learning algorithms were examined separately with both Min-Max and Standard Scaling and the results were compared. As a result of the study, it was seen that the standardization greatly increased the performance in IoT attack detection.

The following are mentioned in the rest of the study; Section II gives literature review, Section III describes the proposed methodology, normalization and standardization methods, used dataset and algorithms. Section IV describes the experimental results and finally, Section VI gives the conclusion and future work.

## 2. Material and Method

In this section, the content of the study is discussed in detail. First, information about similar studies in the literature is given, and then the important concepts of the proposed system are explained. These are Normalization, Standardization and Machine Learning algorithms used. In addition, the Bot-IoT dataset used in the study and the data preprocessing stages are also mentioned.

### 2.1. Related Work

Luo and his friends proposed an ensemble learning algorithm using deep learning methods for find to ease the problems that IoT systems have (Luo et al., 2020). They created the model using three deep learning algorithms, these algorithms are Long Short Term Memories, Convolutional Neural Networks and MRN. They used HTTP CSIC dataset 2010 dataset for the experiment which is public for researchers. In the end results show that the developed system can findIoT web attacks completely with high accuracy rate.

In 2021 researchers proposed a model using feature selection methods with machine learning algorithms for IoT attack detection (Abbasi et al., 2021). They used Logistic Regression to extract features from the dataset and then applied Artificial Neural Networks for classification. The n\_Balot dataset used to examine the performance of the proposed model. The developed model was found to be much more successful compared to other existing systems so the use of logistic regression in feature extraction was suggested.

Shafiq and others has done some research to ensure the IoT security of smart cities (Shafiq et al., 2020). Realizing that there are incomplete studies in this area, the researchers proposed a new model using feature selection and machine learning algorithms, these algorithms are Naive Bayes, BayesNet, Decision Tree C4.5, Random Forest and Random Tree. Five machine learning algorithms were examined while developing the study and method Bijective soft set technique was used to see which of these algorithm was successful and examination was done according to this algorithm at the end of the study. Experimental results showed that the developed model is more efficient for the selected machine learning algorithm.

Ferrag et al. aimed to develop a system that will provide IOT security by using rule-based systems and decision trees (Ferrag et al., 2020). REP Tree and Forest PA algorithms were used as decision tree algorithms and JRip algorithm were used as rule-based algorithms. CICIDS2017 and Bot-IoT datasets were used to test the developed algorithm. In the end, results showed that proposed algorithm was found to be better when compared to other methods.

Detecting bot attacks on IoT technologies is very important for a successful system. In 2020 researchers conducted a study to see how machine learning algorithms with feature selection work (Alshamkhany et al., 2020). The features in the dataset that do not affect the classification are removed with the feature selection. For feature selection researchers used Principal Component Analysis approach. After feature selection, the system was tested with certain machine learning algorithms. These algorithms are Naive Bayes, K-Nearest Neighbor, Support Vector Machine, and Decision Tree. In addition, UNSW-NB15 dataset was used for the study. As a result of the study, the best algorithm was found to be Decision Tree which works with the feature selection dataset with 99.89% accuracy rate.

There is a need for successful software to protect systems with the increase in IoT devices (Injadat et al., 2020). Machine learning has come to the fore as a successful solution due to the increasing IoT data in recent years. Injadat et al. have created a hybrid model combining Bayesian optimization Gauss Process and decision tree algorithms to detect attacks against IoT devices. Examination on the model were carried out with the Bot-IoT dataset. As a result of the study, it has been seen that the proposed model has a high detection accuracy for the detection of attacks in IoT environments.

In 2017, Shukla examined the effects of clustering and classification algorithms working together on IoT (Shukla, 2017). For this, he ran the selected dataset separately with K-means and Decision Tree algorithms and examined the performance results. Then he determined a threshold value using the decision tree algorithm and created a centeroids using this threshold value. As a result of the experiments, it was seen that the proposed hybrid algorithm had a higher success rate.

Sugi and Ratna examined the effect of DL and ML algorithms to solve security problems in IoT devices (Sugi and Ratna, 2020) For this, they examined various performance results of K-Nearest Neighbor and Long Short-Term Memory algorithms as a result of training. The metrics they examined at sensitivity, geometric mean, kappa statistic, and detection time. They used the Bot-IoT dataset for improvements.

Haq and Singh calculated the accuracy rate by constructing a hybrid model consisting of a combination of k-means and j48 classification approaches using certain parts of two different datasets whose sum is always equal to the original dataset (Haq and Singh, 2018). Comparative analysis of three techniques such as hybrid, classification, and clustering approach shows that clustering and classification results are stable at one extreme, i.e. lower in classification case and higher in clustering case.

In 2020, researchers created a model of anomalous requests to IoT networks consisting of WSNs (Aysa et al, 2020). The impact of IoT specific features such as node density, power limitations, and insufficient processing power on a botnet has been observed. They used machine learning algorithms such as LSVM, Neural Network, Decision tree, random forest separately

and in combination to detect attacks. In the experimental results, they found that the hybrid algorithm created from random forest and decision tree achieved high accuracy to detect attacks.

## 2.2. Proposed Approach

Information is given about the methods and dataset used while developing the study in this section.

### 2.2.1. Normalization and Standardization

Normalization and standardization are two important methods used in data preprocessing. Normalization rescales the data between 0 and 1, while Standardization is rescaling the data so that it has the same mean and the same standard deviation. In this study, the Min-Max method, which is one of the most popular methods for normalization, was used. It is applied with Formula 1.

$$X_{new} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (1)$$

The standardization which standardizes the features is carried out with Formula-2.

$$z = \frac{X - u}{s} \quad (2)$$

where X is sample, u is the mean of the training samples, and s is the standard deviation.

### 2.2.2. Bot-IoT Dataset

It was seen that one of the most popular IoT dataset is Bot-IoT when the literature was searched for the study (Koroniotis et al., 2019). Therefore, the experimental results were made with the Bot-IoT dataset. Bot-IoT is a publicly available dataset developed in 2018 using real network environments in the Cyber Range Lab. The dataset is built in a designed environment using simulated IoT services, network platforms, and feature extraction platform. The source files of the dataset are available in different formats as pcap, argus and csv files. Captured pcap file has approximately 73 million records and is 70 GB in size, while the csv file is approximately 17 GB in size and contains 46 features. The dataset includes 6 types of tools/attacks: DoS, DDoS, Service Scan, OS, Data exfiltration and Keylogging. Also, for the convenience of researchers, 5% of the dataset is allocated as two different files; containing all features and containing 10 features.

Data Preprocessing: In this study 5% of the dataset was used with the aim of both seeing the effects of the study on low-dimensional data and making a preliminary study. “*attack*”, “*category*”, and “*subcategory*” are very important features of the dataset. “*attack*” feature shows whether the data is normal or attack, “*category*” feature shows the normal or attack type such as DoS, DDoS, Reconnaissance or Theft, “*subcategory*” feature shows the normal and traffic subcategory such as *UDP*, *TCP*, *Service-Scan*, *OS-fingerprint*, *http*, *keylogging*, *Data Exfiltration*.

In the study, the classification process was carried out according to the “*category*” feature. Accordingly, the categorical

data were assigned as in Table 1. Table 1 also shows how many data from which attack has.

Table 1. Dataset label and number of data

Category name	Label	# of Data
DDoS	0	1,926,624
DoS	1	1,650,260
Reconnaissance	2	477
Normal	3	91,082
Theft	4	79

It has been seen that it is not important to use the IP and port information on the classification when the literature is studied. In addition, there is no need for the sequence number of the data. It was decided that the “attack” and “subcategory” labels should not be used during the training in order not to affect the classification and avoid overfitting. Considering all of these information, 10 features in the dataset were extracted and these features are *flgs*, *proto*, *state*, *subcategory*, *attack*, *pkSeqID*, *saddr*, *sport*, *daddr*, *dport*.

As a result of data preprocessing, the number of features in the dataset decreased to 36. After the transformation of the categorical data and feature extraction, MinMaxScaling and StandardScaling processes were applied to the dataset separately. The data obtained as a result of these were evaluated as two separate datasets and the results were examined accordingly.

### 2.2.3. Algorithms

Machine Learning algorithms used in the study are given in this section.

**Logistic Regression (LG):** Logistic Regression is a method used to group binary or multiclass data when the dependent variable is not continuous. Although it is a regression approach, it is applied to solve classification problems. The goal of logistic regression is to find the most convenient model to describe the relationship between the dependent variable and the independent variable/variables (Wright, 1995; Menard, 2002; Hilbe, 2009; Bayazit et al., 2020). Logistic regression is given by Formula (3).

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \text{ and}$$

$$\text{sigmoid} = p = \frac{1}{1+e^{-y}} \text{ with}$$

$$\ln\left(\frac{1}{1-p}\right) = y \quad (3)$$

According to the formula,  $y$  is the dependent variable,  $X$ 's are the independent variable, and  $\beta$ 's are the constants. Accordingly,  $\beta$  calculations are made and predictions are made in order to find the relationship between  $X$  and  $Y$ .

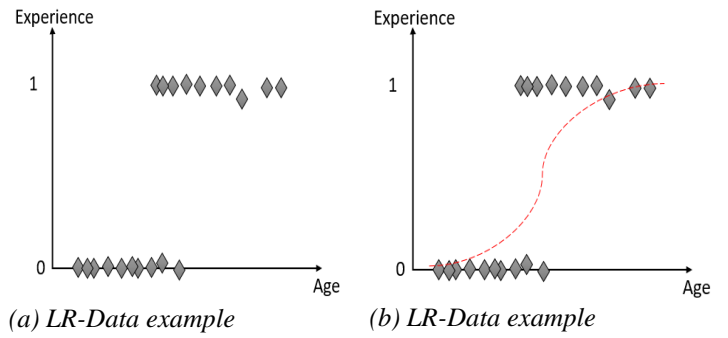


Figure 2. Logistic Regression

Logistic regression can be applied to datasets with the distribution given in Figure 2 (a). According to this figure, there is a relationship between age and experience. The data found in the figure changes as Figure 2 (b) when the formula (1) is applied. And accordingly, it is seen that experience increases with age.

**Decision Tree (DT):** Decision Tree is a supervised learning algorithm that solves classification problems using entropy. Implements a top-down method with a predefined variable which is called root. It operates to divide the dataset into smaller clusters and these smaller clusters are branches of the tree (Myles et al., 2004; Nowozin et al., 2011). According to this it calculates entropy and information gain each time to determine small clusters and creates branches of the tree.

$$\text{Entropy} (E) = - \sum p(X) \log p(X) \quad (4)$$

$$\text{Information Gain} = E - \sum p(X) E(V) \quad (5)$$

Formula (4) and Formula (5) show how entropy and information gain are calculated where  $p$  is the probability of calculation of  $X$  with  $X$  being the input data (Karatas et al., 2020). Entropy is calculated to measure the uncertainty associated with the data and information gain is calculated to determine the best split. The feature with the highest information gain before starting the partition is assigned as root.

**Stochastic Gradient Descent (SGD):** is a machine learning approach that is applied by random selection of the result that will minimize the cost function in optimization problems from the dataset and based on the gradient decrease around the selected data. The algorithm updates both label and the data it is connected to each time. Unlike similar gradient-based algorithms, it makes predictions by drawing zigzags, and is more likely to get stuck in the local minimum (Bottou, 2012; Bottou, 2010; Johnson and Zhang, 2013; Kocyigit et al., 2020).

## 3. Results and Discussion

In this section, the experiment setup and the results of the study are mentioned. The following settings used to handle the examinations in this work: Experimental results were applied using the Scikit-Learn library with Python programming language on PyCharm Compiler. The study was carried out on a computer indicated by the Table 2.

Table 2. Working Environment

Hardware	Features
CPU	Intel(R) Core(TM) I7-8700 Cpu @3192Mhz, 6 Cores
Op. Sys.	64 bit, Windows 10
Grap.card	NVIDIA GeForce® GTX 1080 Ti Founders Edition 11G
L1/L2/L3 Cache	384 KB/1.5 MB/12.0 MB
RAM	16.00 GB

The experimental results were examined on the Bot-IoT dataset. For this, the dataset is divided into two as 25% test and 75% training. In order to examine the performance of the study, accuracy, precision, recall, and f1-score values were also calculated and interpreted accordingly. The formulas used to calculate these values are given in (6)-(10).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{6}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{7}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{8}$$

$$F1 - Score = \beta * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \tag{9}$$

$$Error Rate = 100 - Accuracy \tag{10}$$

where FN is false negative, TP is true positive, TN is true negative, FP is false positive, and  $\beta$  is a balancing factor. Most accepted use for  $\beta$  is 1 which is the average of Precision and Recall. The results of the three selected algorithms run without any preprocessing are shown in Table 3.

Table 3. Normal

	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
LR	52.59	27.66	52.59	36.25
DT	99.99	99.99	99.99	99.99
SGD	44.91	27.66	52.59	36.25

The results obtained after normalization to the three selected algorithms are shown in Table 4.

Table 4. With Normalization

	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
LR	91.10	91.33	91.10	91.11
DT	100.00	100.00	100.00	100.00
SGD	83.23	83.51	83.22	83.25

The results obtained after the standardization of the three selected algorithms are shown in Table 5.

Table 5. With Standardization

	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
LR	99.96	99.96	99.96	99.96
DT	100.00	100.00	100.00	100.00
SGD	98.67	97.98	97.95	97.95

It was seen that the most successful algorithm was DT, and this success did not change whether any preprocessing was done or not when the results were examined. It is seen that the results of the LR and SGD algorithms are quite low before performing a preprocessing. It is seen that the error rate of LR decreased from 47.41% to 8.9%, and the error rate of SGD decreased from 55.09% to 16.77% after normalization. In addition, it is seen that the error rate of LR decreased to 0.04% and the error rate of SGD decreased to 1.33% after standardization. The same performance increase is also seen in other performance metrics. In addition, it was observed that the processing speed of all algorithms increased by 5% after normalization or standardization. It is seen that the standardization increases the performance in detecting attacks on IoT devices when we look at the results. Table 6 shows the accuracy rates of the algorithms in all operating conditions. Table 6 shows the accuracy rates of all results.

Table 6. All results

	Normal Accuracy (%)	Normalization Accuracy (%)	Standardization Accuracy (%)
LR	52.59	91.10	99.96
DT	99.99	100.00	100.00
SGD	44.91	83.23	98.67

## 4. Conclusions and Recommendations

Developing a secure system for IoT devices is one of the biggest problems of technology. This problem continues to grow as the number of devices connected to the Internet increases. Hardware developed in recent years is efficient both for dealing with big data and using machine learning approaches. Considering these situations, a study was conducted to examine the importance of data preprocessing in providing network security in IoT devices. In this study, popular machine learning approaches such as Logistic Regression, Decision Tree, and Stochastic Gradient Descent algorithms were applied to the Bot-IoT dataset. It has been seen that the results obtained after only numerical transformation in the dataset are low in some algorithms. LR reached 52.59%, DT reached 99.99% and SGD reached 44.91% accuracy rates. The main purpose of the study is to observe the effect of normalization and standardization on increasing the performance rate of the model. Therefore, normalization and standardization processes were performed separately on the Bot-IoT dataset, and then the results were



examined with machine learning algorithms. It is seen that the error rate of LR decreased to 0.04% and the error rate of SGD decreased to 1.33% after standardization. Therefore, the importance of standardization in similar approaches has been showed.

The used dataset is quite large and only 5% of it was examined in this study. In future studies, the entire dataset will be examined with other popular machine learning algorithms and deep learning algorithms, and the error detection rate will be tried to be reduced.

## References

- Abbasi, F., Naderan, M., & Alavi, S. E. (2021, May). Anomaly detection in Internet of Things using feature selection and classification based on Logistic Regression and Artificial Neural Network on N-BaIoT dataset. In *2021 5th International Conference on Internet of Things and Applications (IoT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Alshamkhany, M., Alshamkhany, W., Mansour, M., Khan, M., Dhou, S., & Aloul, F. (2020, November). Botnet Attack Detection using Machine Learning. In *2020 14th International Conference on Innovations in Information Technology (IIT)* (pp. 203-208). IEEE.
- Aysa, M. H., Ibrahim, A. A., & Mohammed, A. H. (2020, October). IoT ddos attack detection using machine learning. In *2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Bayazit, E. C., Sahingoz, O. K., & Dogan, B. (2020, June). Malware detection in Android systems with traditional machine learning models: a survey. In *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (pp. 1-8). IEEE.
- Bottou, L. (2012). Stochastic gradient descent tricks. In *Neural networks: Tricks of the trade* (pp. 421-436). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bottou, L. (2010). Large-scale machine learning with stochastic gradient descent. In *Proceedings of COMPSTAT'2010* (pp. 177-186). Physica-Verlag HD.
- Injadat, M., Moubayed, A., & Shami, A. (2020, December). Detecting botnet attacks in IoT environments: an optimized machine learning approach. In *2020 32nd International Conference on Microelectronics (ICM)* (pp. 1-4). IEEE.
- Ferrag, M. A., Maglaras, L., Ahmim, A., Derdour, M., & Janicke, H. (2020). Rdtids: Rules and decision tree-based intrusion detection system for internet-of-things networks. *Future internet*, *12*(3), 44.
- Haq, S., & Singh, Y. (2018, December). Botnet detection using machine learning. In *2018 Fifth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)* (pp. 240-245). IEEE.
- Hilbe, J. M. (2009). *Logistic regression models*. Chapman and hall/CRC.
- Johnson, R., & Zhang, T. (2013). Accelerating stochastic gradient descent using predictive variance reduction. *Advances in neural information processing systems*, *26*, 315-323.
- Karatas, G., Demir, O., & Sahingoz, O. K. (2020). Increasing the performance of machine learning-based IDSs on an imbalanced and up-to-date dataset. *IEEE Access*, *8*, 32150-32162.
- Kocyigit, E., Korkmaz, M., Sahingoz, O. K., & Diri, B. (2020, December). Real-Time Content-Based Cyber Threat Detection with Machine Learning. In *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 1394-1403). Springer, Cham.
- 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.
- Luo, C., Tan, Z., Min, G., Gan, J., Shi, W., & Tian, Z. (2020). A novel web attack detection system for internet of things via ensemble classification. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *17*(8), 5810-5818.
- Menard, S. (2002). *Applied logistic regression analysis* (Vol. 106). Sage.
- Myles, A. J., Feudale, R. N., Liu, Y., Woody, N. A., & Brown, S. D. (2004). An introduction to decision tree modeling. *Journal of Chemometrics: A Journal of the Chemometrics Society*, *18*(6), 275-285.
- Nowozin, S., Rother, C., Bagon, S., Sharp, T., Yao, B., & Kohli, P. (2011, November). Decision tree fields. In *2011 International Conference on Computer Vision* (pp. 1668-1675). IEEE.
- Shafiq, M., Tian, Z., Sun, Y., Du, X., & Guizani, M. (2020). Selection of effective machine learning algorithm and Bot-IoT attacks traffic identification for internet of things in smart city. *Future Generation Computer Systems*, *107*, 433-442.
- Shukla, P. (2017, September). ML-IDS: A machine learning approach to detect wormhole attacks in Internet of Things. In *2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)* (pp. 234-240). IEEE.
- Sugi, S. S. S., & Ratna, S. R. (2020, December). Investigation of machine learning techniques in intrusion detection system for IoT network. In *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)* (pp. 1164-1167). IEEE.
- Wright, R. E. (1995). Logistic regression.



# Ankara'da Blokzincir Tabanlı Arazi Kayıt Sistemi Kullanımı

Arif Furkan Mendi<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0750-4012), [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009659)

**ATIF/REFERENCE:** Mendi, A. F. (2021). Ankara'da Blokzincir Tabanlı Arazi Kayıt Sistemi Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 193-199.

## Öz

2009 yılında piyasaya çıkan Bitcoin kripto para biriminin temelinde yer alan blokzincir teknolojisi vadettiği avantajlar sebebiyle birçok uygulamada kullanılmaya başlanmıştır. Blokzincir teknolojisi; gıda takibi, tedarik zinciri yönetimi, nesnelere internet, otonom sistemler gibi birçok uygulama alanında kendisine yer bulmaktadır. Bu uygulama alanlarından biri de arazi kayıt sistemleridir. Dünyadaki örneklere bakıldığında birçok ülkenin mevcut arazi kayıt işlemleri için blokzincir teknolojisine yatırım yaptığı görülmektedir. Türkiye'deki mevcut arazi kayıt sürecini incelediğimizde de özellikle tapu sicil dairelerine beyan edilen satış değerinin gerçekleşenden düşük gösterilmesi gibi sorunlar olduğu gözlemlenmektedir. Bunun temelinde, mülk sahiplerinin değer artış vergisinden kaçınmak istemeleri yatmaktadır. Değer artış vergisinin doğru belirlenmesi, devletin bölgelere yapmış olduğu yatırımların tüm vatandaşlara eşit şekilde dönüşünün sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye'deki mevcut arazi kayıt süreçlerine uygun blokzincir tabanlı bir arazi kayıt sisteminin oluşturulması ve oluşturulan arazi kayıt sisteminin Ankara-Çankaya bölgesinde kullanımı ve elde edilen sonuçlar anlatılacaktır. Çalışma kapsamında yalnızca arsa alanları üzerinde çalışılmış; konut ve işyeri mülkleri kapsama dâhil edilmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Blokzincir, Blokzincir Mimarisi, Dağıtık Defter

## Blockchain-Based Land Registry System Usage in Turkey-Ankara

### Abstract

Blockchain technology, which is the basis of the Bitcoin cryptocurrency, which was released in 2009, has started to be used in many applications due to the advantages it promises. Blockchain technology; It finds its place in many application areas such as food tracking, supply chain management, internet of things, autonomous systems. One of these application areas is land registration systems. Looking at the examples in the world, it is seen that many countries have invested in blockchain technology for existing land registration transactions. When we examine the current land registration process in Turkey, it is observed that there are problems such as showing the sales value declared to the land registry offices lower than the actual one. At the root of this is the desire of property owners to avoid the value increase tax. The correct determination of the value increase tax is of critical importance in terms of ensuring that the investments made by the state in the regions are returned equally to all citizens. In this study, the creation of a blockchain-based land registration system in accordance with the existing land registration processes in Turkey and the use of the created land registration system in the Ankara-Çankaya region and the results obtained will be explained. Within the scope of the study, only the land areas were included; it has been decided to exclude residential and workplace properties from the scope.

**Keywords:** Blockchain, Land Registration, Blockchain-Based Land Registration

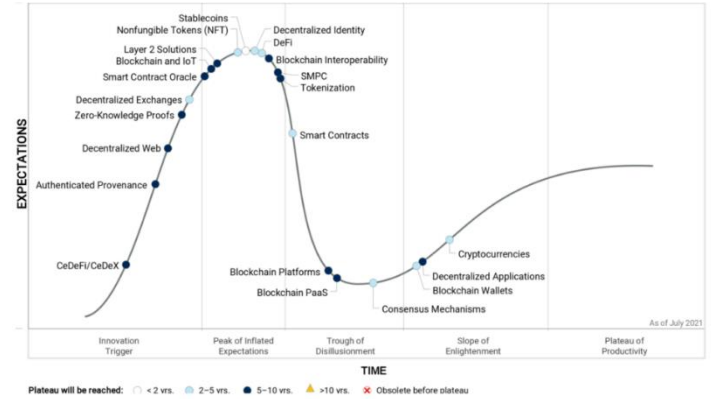
\* Sorumlu Yazar: HAVELSAN, Simülasyon Otonom ve Platform Yönetim Teknolojileri, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0750-4012, [afmendi@havelsan.com.tr](mailto:afmendi@havelsan.com.tr)

## 1. Giriş

Blokzincir teknolojisi 1992 yılında keşfedilen, günümüzün popüler teknolojilerinden birisidir. Ancak adı Bitcoin'in sansasyonel yükselişine duyulmuştur. Bu teknolojinin sunduğu yetenekler, Bitcoin'in yaygınlaşmasıyla ortaya çıkmaya başlamıştır. Blokzincir, merkezi olmayan dağıtık bir veritabanı teknolojisidir. Veriler bloklar üzerinde toplanır ve onları ilk bloktan itibaren depolayan entegre bir zincir olarak birleştirir. Blokzincir teknolojisini öne çıkaran avantaj, sistemde saklanan verilerin kesin olması ve hiçbir şekilde değiştirilememesidir. Blokzincir sadece finansal işlemler için değil; değer attığımız herhangi bir şeyi kaydetmek için programlanabilen ve işlemlerin bozulmamış bir dijital dağıtık defterde saklandığı teknolojidir. Bu değer, kodla ifade edilebilecek herhangi bir şey olabilir. Gıda takibi, tedarik zinciri yönetimi, arazi kaydı gibi değerler bu şekilde kolaylıkla yönetilebilmektedir. Nesnelere birbirleriyle doğrudan ve güvenli bir şekilde iletişim kurmasını sağlayan IoT ile birlikte kullanılabilen blokzincir teknolojisi, insanların aracı olmadan birbirleriyle iletişim kurmaları için önemli bir çözümdür. Akıllı evler, şehirler, sağlık sistemleri, tarım, enerji yönetimi de blokzincir teknolojisinin birlikte kullanılacağı alanlardır. Bu geniş uygulama alanları ve örnekleri ile blokzincir teknolojisine olan ilginin giderek daha popüler hale geldiğini görmekteyiz. Hatta, göz alıcı avantajları ve sansasyonel popüleritesi ile bazı teknoloji uzmanlarının blokzincir teknolojisini, internetteki sonraki en büyük buluş olarak tanımladığı da görülmektedir. İnternet nasıl iletişim için bir altyapı sağlıyorsa, blokzincir teknolojisinin de bilgi paylaşımı için benzer bir anlamı olacağı tartışılmaktadır. Bu iddialı yaklaşım, blokzincir teknolojisinin devrimsel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Dağıtık defter yapısı, bu tür devrim niteliğindeki özelliklerin ortaya çıktığı temel unsurdur. Dağıtık defter, sistemin kurulduğu andan itibaren oluşturulan, sistemde kurulu ağdaki tüm paydaşlara dağıtılan, üzerine kaydedilen verilerde değişikliğe izin vermeyen bir yapıdır. Ağda meydana gelen her işlem bu yapıda kaydedilip saklanmakta ve katılan tüm uçlarla paylaşılır. Böylece güvenilir bir üçüncü taraf ihtiyacı ortadan kalkmakta ve dağıtık veritabanı yapısı bir nevi dijital noter görevi görmektedir. Blokzincir nispeten yeni bir teknoloji olmasına rağmen, bu kadar güvenli bir yapı sunması nedeniyle üzerinde yapılan çalışmaların sayısının son dönemde önemli bir şekilde arttığını, büyük şirketlerin bu teknolojinin vadettiği göz alıcı avantajlardan yararlanmak için önemli yatırımlar yaptığı görülmektedir.

Bir teknolojiye yatırım yapılırken, ilgili teknoloji ile üretilecek ürünün pazar analizinin ayrıntılı şekilde ortaya konması, başarılı çıktılarının elde edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tür raporların hazırlanması önemli bir deneyim, bilgi ve piyasa izleme gerektirir. Teknoloji şirketleri günlük rutinlerinde bu kadar derin analiz yapma imkânını bulamayacağı ve/veya yeterli bilgi derinliğine sahip olamayacağı için bazı araştırma şirketleri bu tür araştırmalar yapmakta ve çeşitli raporlar sunmaktadır. Genellikle büyük teknoloji şirketlerinin, teknolojik yatırımlar yaparken bu tür dış analizleri takip ettiğini ve çıktılarını analiz ettikten sonra yatırım kararı aldığı görülmektedir. Gartner bu firmalardan biri olarak pazarda yer alan; teknoloji ve pazar analizi yapan dünyanın önde gelen şirketlerinden biri olarak bilinmektedir. Özellikle yeni nesil teknolojileri takip eden ve birçok detaylı analizler sunan prestijli bir firmadır. Beklendiği gibi Gartner, blokzincir teknolojisinin sunduğu dikkat çekici avantajlara duyarsız kalmamış ve bu

teknoloji hakkında da bir araştırma gerçekleştirmiştir. Yapılan araştırma neticesinde hazırlanan raporda, merkezi olmayan açık blokzincir uygulamalarının gelişiminin ve olgunluğunun arttığı, ancak başarılı özel kurumsal blokzincir projelerinde benzer sonuçların henüz elde edilemediği vurgulanmaktadır. Blokzincir uygulamalarının türlerine göre incelemelerin yapıldığı hype eğrisini incelediğimizde, finansal uygulamaların "aydınlanma eğilimi" aşamasında olduğunu; 2 ile 5 yıl arasında olgunluk düzeyine geçeceği görülmektedir. Blokzincir teknolojisinin finansal uygulamaları dışında çokça kullanılan; akıllı sözleşme uygulamalarının ise şu an "hayal kırıklığı" aşamasında olduğu, olgunluk seviyesine ulaşabilmesinin biraz daha uzun süreceği; fakat 5 ile 10 yıl arasında bu alanda da olgunluk düzlüğüne çıkılacağı görülmektedir (Görsel 1) (Litan, 2021).



Görsel 1: Blokzincir Hype Eğrisi (Litan, 2021)

Her ne kadar "hayal kırıklığı aşaması" isim olarak olumsuzluk çağırırsa da tüm yeni nesil teknolojilerin geçtiği/geçeceği bir faz olduğunu söyleyebiliriz. Teknoloji ile ilgili öngörülen abartılı beklentilerin boşa çıktığının somut olarak görülmesi hayal kırıklığı olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamadan sonra, teknolojinin kabiliyeti daha gerçekçi olarak ele alınmaya başlanacak, uygulamaların başarı oranı da yükselecektir. Blokzincir teknolojisinin finans alanının dışında kalan uygulamaların çoğunluğu akıllı sözleşme yapısı ile sağlandığını düşündüğümüzde, şu anki hayal kırıklığının olumsuz bir durum teşkil etmemesi gerektiği, yakın zamanda yapılacak çalışmalar ve uygulama sayısındaki artış sayesinde olgunluk seviyesinin de yükseltileceğini rahatlıkla öngörebiliriz.

2015 yılından itibaren farklı alanlarda, blokzincir teknolojisini kullanan birçok uygulamanın geliştirildiğini görmekteyiz. Akıllı mülkiyet de bu alanlardan birisidir. Birçok uzman, blokzincir uygulamalarının kripto para uygulamaları ile sınırlı olmadığını ve blokzincir teknolojisinin getirdiği akıllı mülkiyet kavramının çeşitli alanlarda kullanılabileceğini savunmaktadır. Akıllı mülkiyet kavramının farklı alanlarda kullanılabilmesiyle çeşitliliğin sağlanacağı ve teknoloji hakkında bilgi birikiminin artacağı öngörülmektedir (Yli-Huumo et al., 2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve blokzincir teknolojisinin bir arada kullanılabilmesi birçok uygulama bulunmaktadır. Arazi kayıt sistemleri, bu kullanımların en popüler ve potansiyel yükselen yıldızlarından birisidir. Arazi kayıt sistemleri genellikle tapu kanıtını sağlamak, işlemleri kolaylaştırmak ve yasadışı elden çıkarmayı önlemek için mülkiyet veya diğer haklara ilişkin konuların kaydedilebildiği sistemleri tanımlar. Bu süreç genellikle devlet kurumları tarafından kontrol edilir. Arazi kayıt sistemlerinin gereksinimleri ülkeden ülkeye farklılık gösterse de hepsinin ortak özelliği böyle bir sistemin getireceği göze alıcı avantajlar ve kolaylıklardır. Türkiye'deki mevcut arazi kayıt

sürecini incelediğimizde de özellikle tapu sicil dairelerine beyan edilen satış değerinin gerçekleşenden düşük gösterilmesi gibi sorunlar olduğu gözlemlenmektedir. Bunun temelinde, mülk sahiplerinin değer artış vergisini ödemek istememeleridir. Değer artış vergisinin doğru belirlenmesi ve temini; devletin bölgelere yapmış olduğu yatırımların tüm vatandaşlara eşit şekilde dönüşünün sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye'deki mevcut arazi kayıt süreçlerine uygun blokzincir tabanlı bir arazi kayıt sisteminin oluşturulması ve oluşturulan arazi kayıt sisteminin Ankara-Çankaya bölgesinde kullanımı ve elde edilen sonuçlar anlatılacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında blokzincir teknolojisi ile ilgili literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Teknolojinin detaylı anlatımları ve uygulama örneklerinin yer aldığı birçok akademik makale incelenmiştir. Blokzincir tabanlı arazi kayıt sistemlerinin dünyadaki örnek uygulamaları incelenmiş ve kullanım kılavuzlarından yararlanılmıştır. Türkiye'de mevcut mevzuata uygun blokzincir tabanlı arazi kayıt sistemlerinin başarılı bir şekilde kurulabilmesi için; ana materyal olarak Türkiye'de yürürlükte olan arazi kayıt süreç rehberi kullanılmıştır. Pazar ve teknoloji analizlerinin yapıldığı kaynaklar da birincil malzeme olarak kullanılmıştır.

Blokzincir teknolojisi kullanılarak oluşturulacak sistemde; faydalanılacak materyallerden en önemlilerinden biri kullanılacak blokzincir altyapısı olacaktır. Birçok altyapı tedarikçisi, kullanıcılarına uygulamalarını oluşturmaları için platform sağlamaktadır. Tüm bu altyapı sağlayıcıları değerlendirildikten sonra akıllı sözleşmeler altyapısı sunan çeşitli alternatifler arasında Hyperledger Fabric kullanılmasına karar verilmiştir. Araştırmanın detayları gerçekleştirilen çalışma bölümünde açıklanmıştır.

### 2.2. Metot

Metodolojiyi incelediğimizde öncelikle literatür taraması yapılmış ve dünyadaki uygulama örnekleri incelenmiştir. Literatür taramasının tamamlanmasının ardından, uygulamanın oluşturulması aşamasına geçilmiştir. Bunun için Türkiye'de mevcut durumda yürürlükte olan arazi kayıt süreci araştırılmıştır. İnceleme sonucunda gereksinimler hazırlanmış ve sistem tasarımı yapılmıştır. Sonraki aşamada blokzincir tabanlı sistemin geliştirilmesi için uygun altyapı seçenekleri değerlendirilmiş ve geliştirilecek uygulama için en uygun altyapı üzerine geliştirim tamamlanmıştır. Ardından, pilot çalışma bölgesi olan Ankara-Çankaya bölgesinde, kurulan bu sistemin çalıştırılması faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Ayrıntılı çalışma yöntem adımları Görsel 2'de verilmiştir.

### 2.3. Literatür Özeti

Lemieux, blokzincir teknolojisinin arazi kayıt işlemlerini kökten değiştirme potansiyeline sahip yeni bir teknoloji olduğunu savunmaktadır. Yazar Brezilya, Gürcistan, Honduras, Gana, Hindistan, Japonya ve İsveç'teki gereksinimler doğrultusunda geliştirilen blokzincir tabanlı arazi kayıt uygulamalarını teknik olarak ele almaktadır. Bu ülkeler içerisinde belirlenen bölgelerdeki pilot uygulamalar anlatılmaktadır. Ayrıca, Lemieux blokzincir tabanlı arazi kayıt sistemlerinin tam zamanlı kullanıcılarının sayısının artacağını da öngörmektedir (Lemieux, 2017).

Spielman, Blockchain teknolojisinin arazi kayıt süreci üzerinde devrim niteliğinde bir etkiye sahip olacağını ve sürecin gidişatını olumlu yönde değiştireceğini iddia etmektedir. Mevcut arazi kayıt süreçlerinin blokzincir teknolojisi ile yönetilmesine başlanması ile işlemlerde verimliliğin artacağı, işlemlerde yaşanan dolandırıcılığın önlenebileceği, işlemlerin daha yüksek güvenlik, izlenebilirlik ve şeffaflık ile gerçekleştirilebileceği öne sürülmektedir (Spielman, 2016).

ABD merkezli blokzincir teknoloji şirketi Factom, Honduras için blokzincir tabanlı bir arazi kayıt çözümü geliştirmiştir. Honduras için geliştirilen bu uygulama, arazi kaydı için blokzincir teknolojisini kullanan ilk uygulamadır. Honduras hükümetinin blokzincir tabanlı bir tapu kayıt sistemine geçmek istemesinin temel nedeni, arazi kayıt sürecindeki usulsüzlükleri önlemektir. Kurulan sistem Kasım 2015 tarihinden itibaren 3 ay süreyle çalıştırılmıştır (Lemieux, 2017).

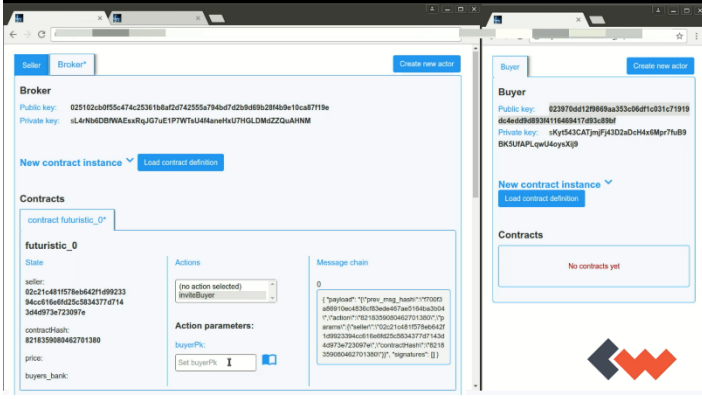
13 adımda arazi kayıt işlemlerini gerçekleştiren Brezilya, blokzincir tabanlı arazi kayıt sistemine geçiş yapan bir diğer ülkedir. Brezilya hükümeti, maliyetleri ve usulsüzlükleri azaltmanın yanı sıra işlemlerde doğruluk, şeffaflık, izlenebilirlik ve yüksek güvenlik sağlamak için blokzincir teknolojisini kullanmaya karar vermiş ve Ubitquity firması tarafından geliştirilen bir çözümü Mayıs 2017'de Rio Grande do Sul Eyaletinde kullanıma almıştır. 3 aylık bir süre boyunca çalıştırılan sistem sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiş, kayıt sistemindeki hataların azaldığı ve arşivlemede önemli bir kolaylık sağlandığı görülmüştür (Allison, 2018).

İsveç, arazi kayıt sürecini blokzincir tabanlı bir sisteme taşıyan başka bir ülke olmasına rağmen, kullanım nedeni diğer ülkelerden farklıdır. İsveç "Dünya Bankası İş Endeksi" verilerine göre emlak tescil işlemlerinde en güvenilir ülkelerden biridir. Brezilya ve Honduras gibi ülkelerin arazi kayıt işlemlerini blokzincir teknolojisine geçirmesinin temel nedeni tapu işlemlerindeki usulsüzlüklerin önüne geçmek iken, İsveç'te böyle bir durum yoktur. Mülk devir sürecini toplamda 7 adımda yöneten İsveç'te ChromaWay şirketi, blokzincir teknolojisinden yararlanarak dijital bir atılım yaparak süreçleri blokzincir teknolojisine taşımıştır. Temmuz-Ekim 2017 arasında kullanılan sistemin yaygınlaştırılması için çalışmalar devam etmektedir (Lemieux, 2017). Geliştirilen sistemde arazi sahibi ve alıcı taraf arasındaki işlemi gösteren bir kullanıcı arayüz gösterim örneği Görsel 3'te verilmektedir.



Görsel 2: Çalışma Yöntem Adımları





Görsel 3: ChromaWay Blokzincir Tabanlı Arazi Kayıt Sistemi Ekran Görüntüsü

## 2.4. Gerçekleştirilen Çalışma

### 2.4.1. Sistem Tasarımı ve Kullanılacak Altyapı Seçimi

Arazi kayıt işlemleri, ülkelerin yerel operasyonlarına göre değişiklik gösteren işlemlerdir. Her ülkenin yerel yapısına uygun işleyişi benimsediği görülmektedir. Bu sebeple ilk olarak, Türkiye'de arazi kayıt sistemi sürecinin incelenmesi faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de arazi kayıt sürecinin tapu müdürlüklerinin kontrolünde olduğu tespit edilmiştir. Arazi kayıt işleminin, mülk sahibi ve alıcı taraflar arasında anlaşmaya varıldıktan sonra toplam sekiz adımda gerçekleştirildiği tespit edilmiştir (Görsel 4). Bu adımlar aşağıda verilmektedir:

- Rayıç Bedel Belirleme:** Arazinin bulunduğu belediyeye başvurularak, rayiç bedel belirlenir.
- Borcu Yoktur Yazısının Alınması:** Yine arazinin bulunduğu belediyeye başvurularak, borcu yoktur yazısı alınır.
- Tapu Harçları Yatırılır:** Belediye tarafından belirlenen rayiç bedel üzerinden hem alıcı hem satıcı taraf %2'lik tapu harcını bankaya yatırır.
- İpotek Başvurusu:** Eğer alıcı taraf banka kredisi kullanacak ise, bu işlem başlatır. Gerekli evraklar hazırlanır.
- Devir Evrakları:** Hem satıcı hem alıcı taraf, devir için istenen; kimlik fotokopisi, vesikalık resim, tapu fotokopisi gibi belgeleri hazırlar.
- Evrakların Tapu Sicil Dairesine Teslimi:** Harç ödeme dekontu, kimlik fotokopileri gibi devir için gerekli evraklar Tapu Sicil Dairesine teslim edilir.
- Tapu Devir Randevusu:** Devir işlemini gerçekleştirmek için Tapu Sicil Dairesinden randevu alınır.
- Sürecin Tamamlanması:** Süreçte herhangi bir sorun görülmemesi durumunda alıcı ve satıcı taraf tapu sicil dairesine başvurur, ıslak imzaların ardından süreç tamamlanır.



Görsel 4: Türkiye'deki Mevcut Arazi Kayıt Süreci

Mevcut durumda tüm bu adımların gerçekleşmesi en az 2-3 gün sürmektedir. Bu süre içerisinde Tapu Sicil Dairesi, söz konusu arazi kayıt işleminin uygunluğu için çalışma yapmakta ve herhangi bir olumsuzluk yoksa işleme onay vermektedir. Türkiye'de yürürlükte olan kanunları incelediğimizde; mülk sahibi, beş yıl içinde mülkünü satması durumunda, satış ile alış fiyatı arasındaki fark üzerinden değer artış vergisi ödemekle yükümlü olduğu görülmektedir. Bu vergi, devlet tarafından yapılan kamu yatırımlarının ilgili mülk sahibinin değer artışı üzerindeki etkisinin mali olarak tahsil edilmesini ve bu gelirin diğer bölgelere yatırım olarak aktarılmasını sağlamak amacıyla kurulmuş bir mekanizmadır. Devletin tüm vatandaşlarına eşit hizmet sunabilmesi için bu verginin doğru tespiti büyük önem taşımaktadır. Ne yazık ki, bu vergiden kaçınmak veya düşük vergi ödemek için bazen arazi satış değerlerinin gerçekte olduğundan daha düşük beyan edildiği görülmektedir. Mevcut durumda, alıcı ve satıcı, gayrimenkul alım satımı sürecinde; anlaşılacakları mülk satış fiyatına karar verdikten sonra, belediyenin belirlediği rayiç değer ile birlikte Tapu Sicil Dairesine başvururlar. Bu başvuru sırasında alıcı ve satıcı taraflar, aralarında yaptıkları pazarlık sonucunda anlaşılacakları satış tutarını da Tapu Sicil Dairesine bildirirler. Para alışverişi genellikle taraflar arasında fiziki olarak yapıldığından, Tapu Sicil Dairesi beyan edilen satış fiyatının doğruluğunu kontrol edemez. Satış fiyatlarının tahrip edilmiş bir şekilde kayıtlara geçilmesi, doğru satış değerlerinin elde edilememesine neden olmaktadır. Para alışverişi genellikle taraflar arasında fiziki olarak yapıldığından, Tapu Sicil Dairesi beyan edilen satış tutarının doğruluğunu kontrol edememektedir. Değer artış vergisinin doğru belirlenmesi, devletin vatandaşlarına adil bir model ortaya koymasından dolayı kritik öneme sahiptir. Bu nedenle fiili satış değerlerinin elde edilmesi toplum refahı açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca arazi kayıt işleminin tamamlanması için birçok kuruma fiziki başvuru yapılması, çok sayıda fiziki belge hazırlanması ve yüksek miktarda fiziksel aktivite gerekmektedir.

Kurulacak sistemin akışı belirlendikten sonra, kullanılacak blokzincir altyapısının belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu noktada akıllı sözleşmeler yapısı sayesinde blokzincir teknolojisinin avantajlarından faydalanılması planlanmıştır. Akıllı sözleşmeler ve akıllı mülkler blokzincir teknolojisinin birlikte duyurulduğu terimlerdir. Akıllı sözleşmeler fikrini, blokzincir teknolojisinin kalbi olarak niteleyebiliriz. Akıllı sözleşmeler ile iş akışları, herhangi bir harici tetiklemeye ihtiyaç duymadan yönetilip yürütülmektedir. Otomatik çalışan iş kuralları sayesinde herhangi bir merkezi güvenilir otorite olmadan akış sağlanmaktadır. Akıllı sözleşmeler fikri ilk olarak 1997 yılında Nick Szabo tarafından önerilmiş olmasına rağmen (Szabo, 2018), "Akıllı Mülkiyet" kavramı ilk olarak Mike Hearn tarafından mülk devir sürecini takip etmek için önerilmiştir (Mike Hearn, 2018). Ethereum ve Hyperledger, akıllı sözleşme altyapısı sunan en popüler ve güçlü altyapı sağlayıcıları olarak karşımıza çıkmaktadır.

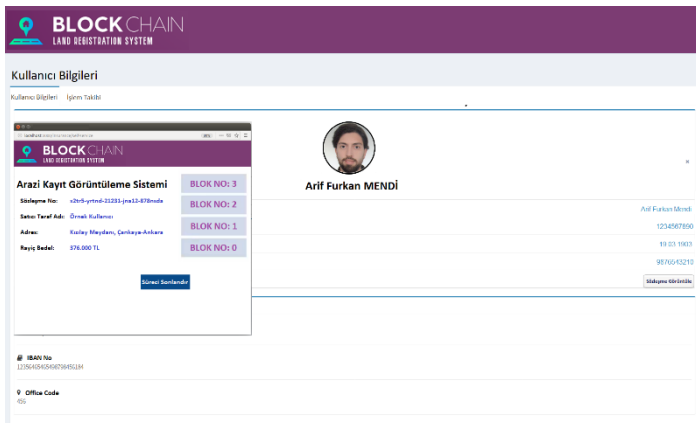
Ethereum ve Hyperledger gibi iki güçlü alternatif arasından seçim yapabilmek için kriterleri doğru belirlemek gerekmektedir. Bunlardan en önemlisi düğümlerin ağa katılım iznidir. Burada iki seçenek var; açık veya özel yapı. Açık ağ oluşturma durumunda, katılımcıların ağa katılması için herhangi bir kontrol mekanizması yoktur. Bunun en iyi örneği Bitcoin kripto para ağıdır. Burada herkes ağa katılabilmekte, açık muhasebe defterinin birer kopyasını alabilmektedir. Ancak kurumsal düzeyde bir uygulama oluşturulacağı zaman, katılımcıları belirlemek ve yetkilerini atamak için özel bir yapının kurulması

gerekmektedir. Özel yapıda, yalnızca yetkili okuyucuların ve yazarların katılabileceği bir ağ oluşturulmaktadır. Bu noktada kuracağımız sistemde böyle özel bir yapıya ihtiyacımız olduğunu görmekteyiz. Ethereum, kullanıcılarına açık bir ağ ve özelleştirmesi zor bir yapı sunmaktadır. Diğer taraftan Hyperledger, kullanıcılarına açık veya özel olarak bir ağ oluşturma imkânı sağlamaktadır. Ayrıca Hyperledger, kullanıcılarına daha esnek bir ağ kurulum imkânı sağlar (Valenta & Sandner, 2017). Tüm bu avantajlar ve kuracağımız sistemdeki ihtiyaçlarımız göz önünde bulundurularak Hyperledger tercih edilmesinin daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Hyperledger'in sunmuş olduğu birçok altyapı çözümü mevcuttur. Bunlardan biri ve en popülerleri Hyperledger Fabric'tir. Modüler bir yapıya sahip uygulamalar veya çözümler geliştirmek için bir temel olarak tasarlanan Hyperledger Fabric, fikir birliği ve katılımcı yönetimi gibi bileşenlerin tak ve çalıştır olarak kullanılabilmesini sağlar. Ayrıca, genel programlama dillerinde belirli bir standarda göre yazılmış uygulamaları, kripto para birimine sistemik bir bağımlılık olmaksızın çalıştıran ilk blokzincirdir. Tüm bu avantajlar değerlendirildikten sonra kurulacak blokzincir tabanlı sistem için Hyperledger Fabric'in kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca ağın Hyperledger Fabric üzerinde kurulumu ve gösterimi için Hyperledger'in sunduğu araçlardan biri olan Hyperledger Composer tercih edilmiştir. Composer aracı, kolay arayüzü ile blokzincir akıllı sözleşme yapısının kolayca oluşturulmasını sağlamakta, ağ dağıtım noktasında esneklik ve kolay kullanım imkânı sunmaktadır (Hyperledger, 2018).

#### 2.4.2. Sistemin Kurulması

Blokzincir akıllı sözleşme altyapı sağlayıcısı ve sistem akışı belirlendikten sonra, tasarlanan sistemin geliştirme aşamasına geçilmiştir. Tasarlanan sistemin ilk adımında, mülk sahibi sisteme giriş yapar ve sahip olduğu mülkler listesinden satışa çıkarmak istediği mülkü seçer. Mutabakat ile ilgili detaylı bilgileri (fiyat, alıcı taraf bilgisi vb.) girer. Mutabakat bilgileri girildikten sonra mülk sahibi tarafından akıllı sözleşme akışı oluşturulur ve alıcı tarafın işleme dâhil edilebilmesi için sistem tarafından mülk satış kodu oluşturulur. Alıcı taraf bu satış kodu ile sisteme giriş yapar ve mülkün mekânsal bilgilerini ve mutabakat hakkında detaylı bilgileri görüntüler. Bu bilgileri kontrol ettikten sonra uygun bulmazsa, sözleşmeyi ilerletmeyi durdurur. Böyle bir durumda akış iptal edilir ve işlem sonlandırılır. Arazinin mekânsal bilgilerini ve anlaşma koşullarını kabul ettiği takdirde onaylar ve süreci ilerletir (Görsel 5).



Görsel 5: Kurulan Blokzincir Tabanlı Arazi Kayıt Sistemi Alıcı Onay Ekran Görüntüsü

Alıcının işlemi onaylamasından sonra taşınmazın bulunduğu belediye işleme dâhil edilir. Mülkün rayiç bedelini belirler ve borcu olmadığını teyit eder. Mülkün borcu olduğu tespit edilirse akış iptal edilir ve işlem sonlandırılır.

Belediyenin onayını takiben, ödeme işlemlerinin yapılabilmesi için mülk sahibi ve alıcı tarafların bankaları sisteme dâhil edilir. Alıcı tarafın bankası ödeme işlemini gerçekleştirdikten sonra sistem üzerinden ödeme talimatını onaylar. Bu ödeme talebinin banka kredisi, taksit, nakit vb. ile yapılıp yapılmayacağı tamamen banka ile alıcı arasındaki anlaşmaya bağlıdır. Sistem bu noktada banka ile alıcı taraf arasındaki sözleşmeye müdahale etmemektedir. Mülk sahibinin bankası, ödeme talimatının geldiğini onaylarsa işlem bir sonraki aşamaya ilerler. Ödeme işlemlerinde bankalar tarafından herhangi bir uygunsuzluk görülmesi halinde akış iptal edilir ve işlem sonlandırılır.

Tarafların bankaları ödeme işlemlerini onayladıktan sonra Tapu Sicil Dairesi sürece dâhil edilir. Tüm süreci inceledikten sonra satışa engel herhangi bir durum tespit etmezse işlemi onaylar. Bu onay ile para ve mülk transferi aynı anda güvenli bir şekilde gerçekleşir. Ardından süreç başarıyla tamamlanmış olur.

#### 2.4.3. Sistemin Çalıştırılması

Geliştirilen blokzincir tabanlı arazi kayıt sisteminin kullanılması, veri takibinde güvenlik, aracısız işlem, şeffaflık gibi devrim niteliğinde avantajlar sağlayacaktır. Hazırlanan sistem, Türkiye'deki mevcut arazi kayıt sürecine göre tasarlanmış olsa da, sistem ülke genelinde kullanıma alınırsa, ölçeklenebilirlik ve sistemin yönetimi gibi bazı önemli konuların ele alınması gerekecektir. Devletin desteği olmadan ve sistemin kullanımını yaygınlaştıracak yeterli sayıda teknik ekip kurulmadan böyle bir uygulamanın yapılması mümkün değildir. Daha önce kendi yerel işleyişlerine uygun tasarladıkları blokzincir tabanlı arazi kayıt sistemini hayata geçiren Brezilya, İsveç, Honduras gibi ülkelerin bile bunu ülke genelinde yapmak yerine pilot bölge seçerek yaptığını görmekteyiz. Bu nedenle çalışmamızı kullanacağımız bir pilot bölgenin seçilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin başkenti olan Ankara'nın nüfusu en kalabalık ilçesi olan Çankaya pilot çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamının biraz daha özelleştirilebilmesi için yalnızca arsaların kapsama dâhil edilmesi; konut ve işyeri mülklerinin kapsam dışında tutulmasına karar verilmiştir.

Pilot çalışma alanı ve kapsamı belirlendikten sonraki adım, sistemin bu bölgede çalıştırılması olmuştur. Kurulan sistem mevcut arazi kayıt işlemlerine göre hazırlanmış olsa da kullanımı ancak devlet teşviki ve kanunların desteği ile mümkündür. Uygulamanın mevzuat ile desteklenerek sistemin kullanımının sağlanması ile sistem üzerinden yapılan işlemler hukuki delil olarak kabul edilecek ve böylece sistem üzerinde gerçekleşen işlemler resmi bir dayanak haline gelecektir. Ancak çalışma kapsamında böylesine köklü bir değişiklik yapma imkânımız olmadığı için geliştirilen sistemi işletmek için alternatif bir çözüm bulmamız gerekti. Bu sorunun çözümü için, kurmuş olduğumuz sisteme günlük arazi satış verilerinin sağlanması için bir çalışma yürüttük. Türkiye'nin en çok bilinen ve kullanılan online arsa satış platformundan 6 ay (Mart 2021 – Ağustos 2021 arası) süre ile günlük arazi satış verilerinin kurmuş olduğumuz sisteme (günlük olarak) aktarımını gerçekleştirdik. Bu sayede geliştirdiğimiz sistemin gerçek zamanlı veriler ile beslenmesi sağlamış olduk.

Sistemin 6 ay boyunca işletilmesi sonucunda Çankaya ilçesi mahalle bazında ortalama arsa satış değerleri elde edilmiştir (Tablo 1). Bu pilot çalışma döneminde mahallelerin arsa satış değeri değerlendirildiğinde, Çankaya bölgesinin m<sup>2</sup> başına ortalama arsa satış değerinin 2.599 ₺ olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. Çankaya Mahalleleri Arsa Satış Verileri

Mahalle Adı	m <sup>2</sup> Satış Fiyatı (₺)	Ortalama Brüt Alan (m <sup>2</sup> )	Ortalama Satış Fiyatı (₺)
100.yıl	7.067	580	4.098.850
50.yıl	1.384	486	672.410
Ahlatlıbel	1.289	330	425.320
Akpınar	371	1.190	441.020
Alacaatlı	1.525	1.800	2.745.400
Aşağı Dikmen	77	1.000	77.300
Aşağı İmrahor	1.736	590	1.024.450
Aşağı Öveçler	2.962	614	1.818.406
Aşıkpaşa	2.182	235	512.660
Ata	5.562	734	4.082.200
Aydınlar	634	525	333.110
Ayrançı	641	690	442.120
Aziziye	7.341	1.338	9.822.300
Bademlidere	2.233	181	404.173
Bağcılar	2.540	1.572	3.992.400
Bahçelievler	2.964	2.800	8.298.980
Balgat	3.250	883	2.870.040
Barbaros	6.832	580	3.962.300
Beytepe	1.307	540	706.000
Birlik	2.268	673	1.526.364
Boztepe	1.296	190	246.300
Büyükesat	4.610	850	3.918.220
Cebeci	315	300	94.600
Cevizlidere	1.050	1.400	1.470.520
Çamlıtepe	2.930	389	1.139.860
Çankaya	1.404	1.700	2.386.050
Çavuşlu	209	756	157.860
Çayyolu	1.727	384	662.990
Çiğdem	3.953	287	1.134.500
Çukurambar	278	206	57.334
Devlet	7.980	1.000	7.980.480
Dilekler	1.802	136	245.100
Dodurga	741	1.140	845.100
Doğuş	2.725	745	2.030.110
Emek	8.401	300	2.520.300
Ertuğrulgazi	1.308	602	787.660
Esatoğlu	7.251	580	4.205.350
Fakülteler	2.231	446	995.200
Gaziosmanpaşa	7.718	600	4.630.500
Gökkuşluğu	1.038	425	441.150
Göktürk	1.786	437	780.482
Güvenevler	3.576	165	590.020
Güzeltepe	2.312	20.000	46.232.500
Harbiye	208	631	131.450
Huzur	1.971	312	615.100
İlkadım	2.674	674	1.802.500
İlkbahar	2.128	400	851.100
İncesu	7.046	240	1.691.000
İşçi Blokları	339	507	172.120
Karahasanlı	106	472	50.040
Karapınar	470	700	329.050
Karataş	690	300	207.060
Kavaklıdere	5.609	560	3.141.050
Kazım Özalp	6.391	642	4.103.020

Keklik Pınarı	1.290	240	309.500
Kırkkonaklar	2.367	621	1.470.020
Kızılay	841	1.000	841.020
Konutkent	1.805	241	434.980
Kömürcü	106	472	50.110
Küçükesat	7.518	560	4.210.030
Kültür	9.270	1.000	9.270.040
Malazgirt	1.934	260	502.950
Mebusevleri	548	314	172.095
Meşrutiyet	3.917	927	3.631.080
Metin Akkuş	2.259	932	2.105.035
Mimar Sinan	1.682	120	201.850
Muhsin Ertuğrul	1.755	360	631.640
Mustafa Kemal	8.613	1.025	8.828.060
Mutlukent	3.775	630	2.378.040
Mürsel Uluç	1.677	567	951.000
Oğuzlar	610	11.132	6.792.650
Oran	5.113	560	2.863.130
Orta İmrahor	1.079	218	235.200
Osman Temiz	2.183	1.092	2.384.120
Öveçler	5.085	950	4.831.100
Prof. Dr. Ahmet Taner Kışlalı	1.946	325	632.350
Sağlık	6.925	400	2.769.960
Sancak	3.288	309	1.015.840
Seyranbağları	847	416	352.440
Şehit Cevdet Özdemir	496	451	223.750
Tınaztepe	157	477	74.910
Tohumlar	107	550	58.650
Topraklık	1.014	485	491.800
Ümit	3.001	320	960.330
Üniversiteler	2.775	384	1.065.600
Yakupabdal	274	504	137.950
Yaşamkent	1.497	249	372.840
Yayla	56	1.025	57.550
Yeşilkent	689	300	206.660
Yıldızevler	2.057	600	1.234.060
Yukarı Dikmen	2.984	1.020	3.043.770
Yukarı Öveçler	288	180	51.850
Zafertepe	1.475	232	342.250

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Türkiye'deki mevcut arazi kayıt sürecinin doğru bir şekilde tespiti, kurulan sistemin tutarlılığı için büyük öneme sahiptir. Bu sebeple, arazi kayıt süreci ile ilgili mevzuat derinlemesine analiz edilmiş, tapu sicil daireleri ile görüşmeler gerçekleştirilerek mevcut sürece hâkimiyet sağlanmıştır. Diğer taraftan, kurulacak blokzincir tabanlı sistemin hangi altyapı üzerine inşa edileceği de önemli hususlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut durumda, piyasada Ethereum ve Hyperledger altyapıları üzerine geliştirilen birçok blokzincir uygulaması olduğu bilinmektedir. Ethereum tabanlı uygulamaların çoğunluğu finansal alanda iken, Hyperledger altyapısını kullanan uygulamaların çok çeşitli alanlarda olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi, Hyperledger'in sunmuş olduğu esnek mimarisi ve akıllı sözleşmeler yapısıdır. Ethereum biraz daha standart bir akıllı sözleşme yapısı sunarken, Hyperledger ise blokzincir ağının yapısının geliştiriciler tarafından düzenlenmesine imkân sağlamaktadır. Bu sebeple geliştirilen sistem için Hyperledger Fabric ve Composer altyapıları tercih edilmiştir. Uygulamanın geliştirilmesi aşamasında ise yapılan bu tercihin ne denli doğru olduğunu gözlemlene fırsatı elde edilmiştir. Açık kaynaklı bir altyapı olan Hyperledger için dünyanın her yerinde geliştiriciler bulunmakta, çalışmalar birçok platformda paylaşılmaktadır.



Böylelikle, yeni nesil teknolojilerin geliştirimi aşamasında karşılaşılan en büyük problemlerden olan kaynak (doküman ve karşılaşılan sorunlara benzer çözümlerin paylaşımı) bulma sıkıntısını bu çalışmada aştığımızı söyleyebiliriz. Karşılaşılan birçok problemi gidermek için kaynak bulmak kolaylaşmış, bu da geliştirim süresini kısaltmıştır.

Kurulan blokzincir tabanlı sistem, Türkiye'deki mevcut arazi kayıt sürecine göre tasarlanmış olsa da devletin desteği olmadan ve sistemin kullanımını yaygınlaştıracak yeterli sayıda teknik ekip kurulmadan böyle bir uygulamanın yapılması mümkün değildir. Bu nedenle çalışmamız için bir pilot alan belirledik. Türkiye'nin başkenti olan Ankara'nın nüfusu en kalabalık ilçesi olan Çankaya pilot çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamının biraz daha özelleştirilebilmesi için yalnızca arsaların kapsama dâhil edilmesi; konut ve işyeri mülklerinin kapsam dışında tutulmasına karar verilmiştir.

Kurulan sistemin kullanımı için mevzuatsal değişiklikler yapılması, kanunlar tarafından desteklenmesi gerekmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında böylesine köklü bir değişiklik yapma imkânımız olmadığı için geliştirilen sistemi işletmek için alternatif bir çözüm uygulanmıştır. Türkiye'nin en çok bilinen ve kullanılan online arsa satış platformundan 6 aylık (Mart 2021 – Ağustos 2021 arası) günlük arazi satış verileri sistemimize aktarılmıştır. Bu sayede geliştirdiğimiz sistemin gerçek zamanlı verilerden beslenmesi sağlanmıştır. Bu süre zarfında elde edilen veriler değerlendirildiğinde Çankaya ilçesi için m<sup>2</sup> başına ortalama arazi satış değerinin 2.599 ₺ olduğu tespit edilmiştir.

#### 4. Sonuç

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağının getirmiş olduğu dijitalleşme sayesinde teknolojik gelişim hızlanmış, günlük hayat da dâhil olmak üzere pek çok alanda önemli değişiklikler görülmeye başlanmıştır. Özellikle COVID-19 dönemindeki fiziki kısıtlamalar, dijitalleşmenin önemini somut olarak ortaya çıkartmıştır. Blokzincir teknolojisi, dijitalleşme çağının en önde gelen teknolojilerinden biridir. Sunmuş olduğu aracısız işlem, şeffaflık ve yüksek güvenlik avantajları diğer teknolojilerden bir adım öne çıkmasına sebep olmaktadır. Blokzincir teknolojisi gıda takibi, tedarik zinciri yönetimi, nesnelerin internet, otonom sistemler gibi birçok uygulama alanında kendisine yer bulmaktadır. Bu uygulama alanlarından biri de arazi kayıt sistemleridir. Dünyadaki örneklere bakıldığında birçok ülkenin mevcut arazi kayıt işlemleri için blokzincir teknolojisine yatırım yaptığı görülmektedir. Türkiye'deki mevcut arazi kayıt sürecini incelediğimizde de özellikle tapu sicil dairelerine beyan edilen satış değerinin gerçekleşenden düşük gösterilmesi gibi sorunlar olduğu gözlemlenmektedir. Bunun temelinde, mülk sahiplerinin değer artış vergisinden kaçınmak istemeleri yatmaktadır. Değer artış vergisinin doğru belirlenmesi, devletin bölgelere yapmış olduğu yatırımların tüm vatandaşlara eşit şekilde dönüşünün sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu ihtiyaçtan yola çıkarak, Türkiye'deki mevcut arazi kayıt süreçlerine uygun olacak blokzincir tabanlı bir gayrimenkul el değişim sistemi kurulmuştur. Kurulan sistemin Türkiye'de kullanımı için mevzuatsal değişiklikler yapılması, kanunlar tarafından desteklenmesi gerekmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında böylesine köklü bir değişiklik yapma imkânımız olmadığı Ankara-Çankaya pilot çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Sistemin Ankara-Çankaya pilot bölgesinde kullanılmasının önündeki yasal engelleri aşmak için Türkiye'nin en çok bilinen ve kullanılan online arsa satış platform ile entegrasyonu

sağlanmıştır. Böylelikle 6 ay süre ile çalıştırılan sistem üzerinden ciddi veriler toplanmış, mahalle bazında ortalama arazi değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin tapu sicil dairelerine beyan edilen değerlerin üzerinde olduğunu düşündüğümüzde, sistemin başarılı olduğu görülmektedir. Şu an ihtiyaç olan nokta, kurulan bu sistemin ülke genelinde kullanıma alınmasıdır. Böylelikle değer artış vergisinin doğru belirlenmesinin önündeki engeli kaldırabilmek için bir araç edinilmiş olacaktır. Ayrıca geliştirilen sistemin kullanımının yaygınlaşması ile blokzincir teknolojisinin olgunluk seviyesinde artış elde edilmesine de katkı sağlanacaktır.

#### Kaynakça

- Allison, I. (2018). *Blockchain-based Ubitquity pilots with Brazil's land records bureau*. <https://www.ibtimes.co.uk/blockchain-based-ubitquity-pilots-brazils-land-records-bureau-1615518>
- Hyperledger. (2018). *Hyperledger Projects - Hyperledger*. <https://www.hyperledger.org/projects>
- Lemieux, V. L. (2017). Evaluating the Use of Blockchain in Land Transactions: An Archival Science Perspective. *European Property Law Journal*, 6(3), 392–440. <https://doi.org/10.1515/eplj-2017-0019>
- Litan, A. (2021). *Hype Cycle for Blockchain 2021; More Action than Hype*. Gartner. <https://blogs.gartner.com/avivah-litan/2021/07/14/hype-cycle-for-blockchain-2021-more-action-than-hype/>
- Mike Hearn. (2018). *Smart Property - Bitcoin Wiki*. [https://en.bitcoin.it/wiki/Smart\\_Property](https://en.bitcoin.it/wiki/Smart_Property)
- Spielman, A. (2016). *Blockchain: Digitally Rebuilding the Real Estate Industry*. [http://dci.mit.edu/assets/papers/spielman\\_thesis.pdf](http://dci.mit.edu/assets/papers/spielman_thesis.pdf)
- Szabo, N. (2018). *The Idea of Smart Contracts*. <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html>
- Valenta, M., & Sandner, P. (2017). Comparison of Ethereum, Hyperledger Fabric and Corda. *FSBC Working Paper*, June, 1–8. <https://doi.org/10.1063/1.3615642>
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on Blockchain technology? - A systematic review. *PLoS ONE*, 11(10), 1–27. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>





# Evaluating the Sunshine Duration Characteristics in Association with Other Climate Variables

Mine Tulin Zateroglu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Cukurova University, Vocational School of AOSB Technical Sciences, Department of Electrical and Energy, Adana, Turkey (ORCID: 0000-0002-1050-6174)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1022639)

**ATIF/REFERENCE:** Zateroglu, M.T. (2021). Evaluating the Sunshine Duration Characteristics in Association with Other Climate Variables. *European Journal of Science and Technology*, (29), 200-207.

## Abstract

Many processes such as for industrial production, heating, cooling, health, education and etc. are depended on and use the energy. In recent years, the consumption of energy has been increased over the world. Fossil energy sources cannot meet the increase in energy demand. So, renewable energy sources especially solar energy become important in this way. The applications with solar energy present clear and environment friendly systems. Sunshine duration which is used for estimating the solar energy is very crucial parameter for human life. Climate variables in atmospheric environment have influences on sunshine duration. This study aims to demonstrate the relations between daily sunshine duration and other climate variables such as cloud amount, atmospheric pressure, maximum air temperature, minimum air temperature, relative humidity, precipitation and wind speed. The data of all climate variables were obtained from the measurements of ground based observation station belonging to the Turkish State Meteorological Service. The long term records based on daily measurements were examined for Rize meteorological station. The daily observation values for sunshine duration and other climate variables were transformed to mean montly values. A 51 years (1960-2010) database was statistically analyzed by using the method named as Pearson Correlation Analysis (%95 confidence interval). The obtained results over this analysis were shown that sunshine duration was associated with other climate variables. The grade of these relations was changed according the different time periods. The amount of relations were obtained generally in moderate, good and weak degrees as statistically significant ( $p < 0.05$ ). Sunshine duration was highly negatively correlated with cloud amount generally except the exceptional circumstances such as moderate for December. The correlations for sunshine duration and the other climate variables were found as negatively for relative humidity, atmospheric pressure and precipitation and positively for wind speed, maximum and minimum air temperature.

**Keywords:** Sunshine Duration, Climate variables, Pearson Correlation Analysis.

## Güneşlenme Süresi Karakteristiklerinin Diğer İklim Değişkenleri İle İlişkili Olarak Değerlendirilmesi

### Öz

Endüstriyel üretim, ısıtma, soğutma, sağlık, eğitim vb. birçok süreç enerjiye bağımlıdır ve enerjiyi kullanır. Son yıllarda tüm dünyada enerji tüketimi artmıştır. Fosil enerji kaynakları, enerji talebindeki artışı karşılayamamaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle güneş enerjisi bu durumda önem kazanmaktadır. Güneş enerjisi ile yapılan uygulamalar temiz ve çevre dostu sistemler sunmaktadır. Güneş enerjisinin tahmininde kullanılan güneşlenme süresi, insan yaşamı için çok önemli bir parametredir. Atmosferik ortamdaki iklim değişkenlerinin güneşlenme süresi üzerinde etkileri bulunmaktadır. Bu çalışma, günlük güneşlenme süresi ile bulut miktarı, atmosfer basıncı, maksimum hava sıcaklığı, minimum hava sıcaklığı, bağıl nem, yağış ve rüzgar hızı gibi diğer iklim değişkenleri arasındaki ilişkileri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Tüm iklim değişkenlerine ait veriler, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait yer tabanlı gözlem istasyonunun ölçümlerinden elde edilmiştir. Rize meteoroloji istasyonu için günlük ölçümlere dayalı uzun dönem kayıtları incelenmiştir. Güneşlenme süresi ve diğer iklim değişkenleri için günlük gözlem değerleri aylık ortalama değerlere dönüştürülmüştür. 51 yıllık (1960-2010) bir veri tabanı, Pearson Korelasyon Analizi olarak adlandırılan yöntem kullanılarak istatistiksel olarak (%95 güven aralığı) analiz edilmiştir. Bu analiz üzerinden elde edilen sonuçlar, güneşlenme süresinin diğer iklim değişkenleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu ilişkilerin derecesi farklı zaman dilimlerine göre değişmiştir. İlişki düzeyleri genel olarak orta, iyi ve zayıf derecelerde istatistiksel olarak anlamlı olarak elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). İlişki düzeyinin orta düzeyde elde edildiği Aralık ayı gibi istisnai durumlar dışında, genel olarak güneşlenme süresi bulut miktarı ile yüksek oranda negatif korelasyon göstermiştir. Güneşlenme süresi ile diğer iklim değişkenleri arasındaki korelasyonlar bağıl nem, atmosfer basıncı ve yağış için negatif, rüzgar hızı, maksimum ve minimum hava sıcaklığı için pozitif olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Güneşlenme Süresi, İklim Değişkenleri, Pearson Korelasyon Analizi.

\* Corresponding Author: Cukurova University, Vocational School of AOSB Technical Sciences, Department of Electrical and Energy, Adana, Turkey, ORCID: 0000-0002-1050-6174, [mtzateroglu@cu.edu.tr](mailto:mtzateroglu@cu.edu.tr)

## 1. Introduction

Energy demand has increased over the world in last few decades because of its usage and consumption everywhere. The need for energy which has a crucial place in the social and economic sense due to industrialization, population growth, public works, growth rate and urbanization, is increasing day by day. The energy issue is considerable in terms of raising the people's living standards and healthy economic growth. At this point, renewable energy sources have become very important for the sustainability of energy generation and usage. There is no doubt that energy is necessary for the earth and its inhabitants. Solar energy is the main energy source for our planet and widely preferred as renewable energy source in applications. Solar energy has great potential and is more clear for the environment than the others.

As solar energy is important, it is also important to know the duration of the energy reaching the earth which is called as sunshine duration. For a given location, it is crucial to know the amount of solar radiation that has effect on the atmosphere via physical forms. Besides, solar radiation is related to sunshine duration by the Angström-Prescott formula which predicts the quantity of solar radiation. Sunshine duration which is utilized in many areas e.g. power plant planning, agricultural works, etc. is measured in the ground based observation stations over the world for many years. The measurements of sunshine duration are existent and reliable. On the other hand, for such cases e.g. absence of measurement station and remote areas, sunshine duration measurement is not provided so its value is estimated via statistical methods. In this way, the quantity of sunshine duration can be obtained by operating the several climate variables. These variables may be different owing to the topography and the sessional climatological alterations. In accordance with the researches, sunshine duration was found as related to climate variables. Expressed by that cloud cover was associated with sunshine hours negatively (Robaa, 2008; Sanchez-Lorenzo et al., 2009; Essa&Etman, 2004; Palle&Butler, 2001; Weber, 1994; Angell et al., 1984). Additionally relative humidity affects sunshine duration reversely (Aksoy, 1999; You et al., 2010; Yang et al., 2009a). In contrast to cloud cover and relative humidity, atmospheric pressure and wind speed have influences on sunshine hours positively (Sanchez-Lorenzo et al., 2009; Yang et al., 2009a&2009b). Besides the amount of precipitation has negative effects on sunshine hours (You et al., 2010). Further, the concentrations of air pollutants have influences on sunshine hours. Zateroglu (2021a) expressed the relationships between sunshine duration and several air pollutants. Also, sunshine duration and other climate elements have interactions with air pollutants in atmosphere and related to each other (Zateroglu, 2021b). Moreover, some parameters such as latitude and atmospheric circulations affect the sunshine hours spatially (Aksoy, 2010).

The climate data for Rize spreading over the period 1960-2010 was obtained from the ground-based meteorological station measuring by Turkish State Meteorological Service. The data was measured by the heliograph for sunshine duration, by visual observation for cloud cover, by dry-bulb thermometers for air temperature, by barometer for atmospheric pressure, by pluviograph for precipitation, by anemograph for wind speed, by hygrograph for relative humidity.

Rize is located in the east of the eastern Black Sea coastline, between 40° 22' - 41° 28' eastern meridians, and 40° 20' - 41° 20' northern parallels. The city is surrounded by Trabzon's Of district from the West, Erzurum's İspir district from the South, Bayburt from the southwest, Artvin's Yusufeli district and Arhavi district from the east, and the Black Sea from the North.

Black Sea climate prevails in Rize. The characteristic of the Black Sea climate is that it is cool in summers, mild in winters and rainy in all seasons. The biggest factor in this is that the mountains extend parallel to the coast. The annual average temperature of Rize is 14 °C. The annual average lowest temperature recorded in Rize to date has been determined as -7 °C, and the highest temperature has been determined as 38,2 °C. The coldest month is January with the mean value 6,7 °C, and the hottest is July with the mean value 22,9 °C. Rize has the characteristic of maritime climates. Annual precipitation amount is 2301,5 mm. Rize is the most rainy city in Turkey. Annual mean rainy days are about 183,9 (day). Precipitation in Rize is evenly distributed in all seasons and there is no dry season. The least rainfall in the province is seen in the spring and the most rainfall is seen in the autumn. Relative humidity is always above 75%, generally around 80%. Prevailing wind direction is in southwest direction. Annual average sunshine duration is 4,2 (hour). For Thornthwaite climate classification, the climate class of Rize is perhumid and 2nd mesothermal, whereas for Trewartha climate classification (according to universal temperature scale), summers are hot and winters are cool.

The main purpose of this study is to demonstrate the correlations as statistically significant between sunshine duration and other climate variables such as cloud cover (CLC), relative humidity (RHM), wind speed (WSP), atmospheric pressure (PRES), precipitation (PREC), maximum air temperature (MAXT), minimum air temperature (MINT) in Rize. All data were analyzed over statistical methods.

## 2. Material and Method

### 2.1. Relative Sunshine Duration

To define the relations between relative sunshine duration (RSD) and other climate variables. RSD is determined as  $S/S_0$  and varies 0 to 1.  $S$  expresses the observed value from ground-based station.  $S_0$  corresponds to the daily maximum sunshine duration value which is also called daylength and is calculated by Eqn. (1).  $\phi$  demonstrates the latitude angle that is between -90 and +90. This angle depends on the given location.  $\delta$  is the declination angle and is predicted via Eqn.(2). This angle is between the incoming solar rays and the equatorial plane. The expression  $n$  in the formula demonstrates the Julien number of days and changes 1 to 365. The equations (1) and (2) are determined as follows (Duffie&Beckman, 1991; Kalogirou, 2009),

$$S_0 = \left(\frac{2}{15}\right) \cos^{-1}(-\tan\delta \tan\phi) \quad (1)$$

$$\delta = 23.45 * \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right) \quad (2)$$

### 2.2. Pearson Correlation Analysis

For different sessions, each dataset was operated with Pearson correlation analysis. The values of Pearson correlation analysis were calculated to interpret the scale of pairwise relations between the computed RSD values and the observed climate variables. Pearson correlation coefficient demonstrates the direction and grade of the association between pairwise parameters. The coefficient value may be obtained as positive (between 0 and 1) or negative (between -1 and 0) that represents positive or negative correlations respectively. The coefficient of Pearson correlation is calculated by using the formula depicted in Equation (3),

$$r(x, y) = \frac{(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sigma_x\sigma_y} \tag{3}$$

where x and y determine the observed values,  $\bar{x}$  and  $\bar{y}$  demonstrate the average values of the observed values of variables x and y,  $\sigma_x$  describes the standard deviation of variable x and  $\sigma_y$  defines the standard deviation of variable y. To designate the grade of the association, the coefficient of Pearson correlation may be classified as three categories named as low (<0.49), moderate (between 0.49 and 0.7), high (between 0.7 and 1).

The associations for RSD and all other climate variables such as CLC, RHM, WSP, PREC, PRES, MINT, MAXT obtained from ground-based measurement station belong to Rize during the period 1960-2010 were examined over the Pearson correlation analysis technique over SPSS software package programme. In

analysis, the time periods were taken as monthly sessions i.e. January to December expressed as JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, DEC. Consequently, the prominent climate variables associated with the RSD were elicited qua statistically respectable.

### 3. Results and Discussion

The statistical values such as descriptive statistics for climate variables used in this study i.e. RSD, CLC, RHM, WSP, PREC, PRES, MINT and MAXT were presented for monthly periods in Table 1 and Table 2. The Statistical parameters were presented as the values of maximum (Max), minimum (Min), standard deviation (Std. D.) and average (Mean) values for climate variables and sessions were produced. The quantities of the values for each variable were differed owing to the different sessions. For Table 1 and 2, the values of RSD has high values in summer months (JUN, JUL, AUG) whereas low values in winter months (DEC, JAN, FEB). Unlike RSD, CLC has low values in summer months and high values in winter months, as expected. RSD was related to CLC reversely. RHM has the maximum values in winter months and minimum values in summer months. The values of WSP in spring (MAR, APR, MAY) and summer were obtained as higher than autumn (SEP, OCT, NOV) and winter. For PREC, the values were high in winter and spring months and low in autumn and summer months. The PRES values were obtained as high in winter and autumn months against in spring and summer months. The values of MINT and MAXT variables have maximum degrees in summer and autumn months while minimum degrees in spring and winter months.

Table 1. Descriptive Statistics for Winter and Spring Months

Month	Variable	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Month	Variable	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.
DEC	RSD	0,084	0,525	0,235	0,0766	MAR	RSD	0,083	0,412	0,305	0,0739
	CLC	4,3	8	6,227	0,8681		CLC	5	8,4	6,516	0,8587
	RHM	56,6	83,6	74,1	4,9562		RHM	65,6	84,3	75,11	4,9382
	WSP	0,1	2	1,382	0,3525		WSP	0,4	1,7	1,368	0,2672
	PREC	52,9	506	245,3	89,337		PREC	37,1	269,9	150,2	50,118
	PRES	1013	1028	1018	2,9013		PRES	1010	1021	1016	2,6089
	MINT	-4	5	0,382	1,9533		MINT	-7	3,4	-0,569	2,1376
MAXT	12,8	26,7	20,42	3,1774	MAXT	13,6	32,6	21,89	3,9237		
JAN	RSD	0,087	0,425	0,242	0,0667	APR	RSD	0,175	0,483	0,336	0,0693
	CLC	4,5	8	6,404	0,7362		CLC	4,7	8,5	6,367	0,8595
	RHM	60,2	83,6	74,01	5,0344		RHM	65,2	87,1	76,3	4,887
	WSP	0,2	1,9	1,4	0,3231		WSP	0,5	1,7	1,298	0,2679
	PREC	65,4	463,3	217,9	85,166		PREC	26	213,2	96,96	42,253
	PRES	1010,9	1026	1019	3,0294		PRES	1011	1017	1014	1,5677
	MINT	-5,4	2,4	-0,996	1,7622		MINT	-2,8	7	3,231	1,9783
MAXT	10,6	24	17,58	3,0073	MAXT	17,2	35,8	26,06	4,1852		
FEB	RSD	0,1	0,419	0,302	0,0806	MAY	RSD	0,166	0,549	0,394	0,0775
	CLC	4,6	8,8	6,369	0,8394		CLC	3,4	8,6	5,941	0,9731
	RHM	58,7	82,1	73,18	4,5731		RHM	69,3	86,2	77,69	4,0675
	WSP	0,3	2	1,398	0,3056		WSP	0,5	1,7	1,304	0,228
	PREC	38,6	476,3	176,3	79,335		PREC	23,6	191	98,75	44,935
	PRES	1011,6	1024	1018	2,8275		PRES	1009	1017	1014	1,7297
	MINT	-6,4	1,9	-1,598	1,9159		MINT	4,2	11,1	7,757	1,4787
MAXT	10	28,1	19,65	3,5107	MAXT	21,5	38,2	27,63	3,4261		

Table 2. Descriptive Statistics for Summer and Autumn Months

Month	Variable	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Month	Variable	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.
JUN	RSD	0,282	0,632	0,445	0,0763	SEPT	RSD	0,289	0,546	0,407	0,0726
	CLC	3,4	6,9	5,306	0,7806		CLC	3,6	7,4	5,645	0,9601
	RHM	65,3	84,2	76,13	4,3693		RHM	74,5	84,4	79,55	2,3161
	WSP	0,4	2,1	1,361	0,2736		WSP	0,2	1,9	1,341	0,3864
	PREC	40,8	250,5	134	56,619		PREC	52,4	452,3	241,5	91,815
	PRES	1007,7	1015	1012	1,9182		PRES	1011	1019	1015	1,9016
	MINT	7,8	16,4	12,49	1,8379		MINT	9,2	17,2	12,73	1,6688
	MAXT	25,2	35,2	28,64	2,2662		MAXT	25	33,4	28,23	2,1216
JUL	RSD	0,187	0,579	0,352	0,0826	OCT	RSD	0,215	0,582	0,386	0,0894
	CLC	3,5	8,2	6,292	0,965		CLC	3	7,4	5,582	1,0615
	RHM	70,7	86,4	78,13	3,5476		RHM	70,6	86,5	79,86	3,3562
	WSP	0,3	1,7	1,246	0,2758		WSP	0,2	2	1,367	0,4078
	PREC	32,8	397,9	147,2	69,236		PREC	8,4	516,6	286,8	113,6
	PRES	1006,7	1014	1010	1,7136		PRES	1013	1022	1018	2,1801
	MINT	12	18,6	15,86	1,3463		MINT	2,5	13,8	7,833	2,3189
	MAXT	25,5	35,4	29,64	1,9866		MAXT	21,8	33,4	26,35	2,5393
AUG	RSD	0,176	0,52	0,377	0,0794	NOV	RSD	0,136	0,545	0,319	0,1011
	CLC	4,8	8,5	6,171	0,8455		CLC	2,3	8	5,633	1,2041
	RHM	71,1	86,5	78,76	3,3795		RHM	67,9	85,4	76,74	4,0521
	WSP	0,4	1,8	1,247	0,3035		WSP	0,2	2,1	1,433	0,3993
	PREC	12,5	421,4	185,9	101,19		PREC	8,2	507,8	249,7	121,19
	PRES	1007,7	1016	1011	1,6884		PRES	1014	1025	1018	2,084
	MINT	13,6	20	16,4	1,5331		MINT	0,4	8	3,618	2,0266
	MAXT	25,7	34	29,55	1,7741		MAXT	18,5	29,2	22,95	2,5293

Previous to examining the dataset, the values of sunshine duration were computed and expressed as RSD values. The Pearson correlation analysis called as one of the statistical approach was handled to demonstrate the amount and direction of the relations for the RSD and the other climate parameters. The values of the Pearson correlation coefficients were shown in Table

3. The correlation values were emphasized in bold characters that found as statistically meaningful for the levels  $p < 0.05$  and for  $p < 0.01$ . For RSD, the significant correlations were found as moderate and high levels for CLC, weak and moderate levels for RHM and PREC, weak for WSP, weak levels for PRES, MINT and MAXT.

Table 3. Pearson Correlation Coefficients for RSD over Climate Variables

MONTH	STATISTICAL TERM	CLC	RHM	WSP	PREC	PRES	MINT	MAXT
JANUARY	Pearson Correlation	<b>-,513(**)</b>	-0,062	<b>-,373(**)</b>	-0,236	0,163	0,054	-0,054
	Significance	<b>0</b>	0,668	<b>0,007</b>	0,096	0,254	0,709	0,706
FEBRUARY	Pearson Correlation	<b>-,725(**)</b>	-0,028	0,001	<b>-,521(**)</b>	0,215	0,233	-0,054
	Significance	<b>0</b>	0,846	0,994	<b>0</b>	0,129	0,1	0,706
MARCH	Pearson Correlation	<b>-,810(**)</b>	<b>-,444(**)</b>	0,224	-0,057	0,023	-0,097	<b>,325(*)</b>
	Significance	<b>0</b>	<b>0,001</b>	0,114	0,69	0,872	0,498	<b>0,02</b>
APRIL	Pearson Correlation	<b>-,810(**)</b>	<b>-,460(**)</b>	0,109	-0,239	-0,015	-0,123	<b>,299(*)</b>
	Significance	<b>0</b>	<b>0,001</b>	0,448	0,091	0,914	0,388	<b>0,033</b>
MAY	Pearson Correlation	<b>-,873(**)</b>	<b>-,398(**)</b>	0,113	-0,229	-0,157	-0,032	0,261
	Significance	<b>0</b>	<b>0,004</b>	0,431	0,106	0,27	0,826	0,064
JUNE	Pearson Correlation	<b>-,798(**)</b>	<b>-,563(**)</b>	<b>,323(*)</b>	-0,16	0,037	-0,153	0,248
	Significance	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,021</b>	0,263	0,794	0,283	0,08
JULY	Pearson Correlation	<b>-,891(**)</b>	-0,261	-0,051	0,168	-0,255	0,059	<b>,369(**)</b>
	Significance	<b>0</b>	0,064	0,72	0,239	0,071	0,679	<b>0,008</b>
AUGUST	Pearson Correlation	<b>-,837(**)</b>	<b>-,331(*)</b>	-0,14	-0,001	-0,124	-0,019	<b>,395(**)</b>
	Significance	<b>0</b>	<b>0,017</b>	0,326	0,992	0,384	0,893	<b>0,004</b>
SEPTEMBER	Pearson Correlation	<b>-,761(**)</b>	-0,219	-0,052	-0,053	<b>-,324(*)</b>	0,069	0,064
	Significance	<b>0</b>	0,123	0,717	0,713	<b>0,02</b>	0,629	0,656
OCTOBER	Pearson Correlation	<b>-,827(**)</b>	<b>-,367(**)</b>	0,104	<b>-,540(**)</b>	0,164	0,142	0,184
	Significance	<b>0</b>	<b>0,008</b>	0,466	<b>0</b>	0,25	0,319	0,2
NOVEMBER	Pearson Correlation	<b>-,699(**)</b>	0,2	<b>-,402(**)</b>	<b>-,575(**)</b>	0,226	<b>,363(**)</b>	<b>,296(*)</b>
	Significance	<b>0</b>	0,159	<b>0,003</b>	<b>0</b>	0,11	<b>0,009</b>	<b>0,037</b>
DECEMBER	Pearson Correlation	<b>-,542(**)</b>	-0,138	<b>-,306(*)</b>	<b>-,366(**)</b>	0,231	0,187	0,218
	Significance	<b>0</b>	0,334	<b>0,029</b>	<b>0,008</b>	0,103	0,19	0,124

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level ( $p < 0.01$ ) & \* . Correlation is significant at the 0.05 level ( $p < 0.05$ ).



In Table 4, the direction of correlations between RSD and climate elements were shown for all months. There has been some exceptional cases but anyway it was seen that the correlations for

CLC, RHM and PREC were negative whereas WSP, PRES, MINT and MAXT were positive for different sessions.

Table 4. Direction of Correlation for RSD

MONTH	CLC	RHM	WSP	PREC	PRES	MINT	MAXT
JANUARY	-	-	-	-	+	+	-
FEBRUARY	-	-	+	-	+	+	-
MARCH	-	-	+	+	+	-	+
APRIL	-	-	+	-	-	-	+
MAY	-	-	+	-	-	-	+
JUNE	-	-	+	-	+	-	+
JULY	-	-	-	+	-	+	+
AUGUST	-	-	-	-	-	-	+
SEPTEMBER	-	-	-	-	-	+	+
OCTOBER	-	-	+	-	+	+	+
NOVEMBER	-	+	-	-	+	+	+
DECEMBER	-	-	-	-	+	+	+

Further, the cross correlation values for climate variables were represented in Table 5-8. Table 5 shows the correlations for winter months as bold obtained statistically significant. For DEC, CLC was associated with PRES (negatively) and PREC (positively) as weak level whereas RHM with PREC (positively) as weak; WSP with MAXT (negatively) as weak; PREC with MINT (negatively) as weak; PRES with MAXT (negatively) as moderate; MINT with MAXT (positively) as weak. For JAN, the

relations can be expressed as follows: CLC with PREC as weak and positive; RHM with WSP as weak and negative; PREC with MINT as moderate and negative; PRES with MINT as weak and negative; PRES with MAXT as moderate and negative. For FEB, the relations were found as; CLC with WSP, PREC and MINT as negative weak, moderate positive and negative weak respectively; while RHM with WSP as negative weak; PREC with MINT as negative weak; PRES with MAXT as negative weak.

Table 5. Cross-Correlations for Winter Months

MONTH	VARIABLE	RSD	CLC	RHM	WSP	PREC	PRES	MINT	MAXT
DEC	RSD	1	<b>-,542(**)</b>	-0,138	<b>-,306(*)</b>	<b>-,366(**)</b>	0,231	0,187	0,218
	CLC		1	0,215	0,057	<b>,443(**)</b>	<b>-,280(*)</b>	-0,028	-0,016
	RHM			1	-0,03	<b>,327(*)</b>	0,06	-0,139	-0,17
	WSP				1	0,034	0,207	-0,237	<b>-,397(**)</b>
	PREC					1	0,024	<b>-,371(**)</b>	-0,078
	PRES						1	-0,262	<b>-,540(**)</b>
	MINT							1	<b>,407(**)</b>
	MAXT								1
JAN	RSD	1	<b>-,513(**)</b>	-0,062	<b>-,373(**)</b>	-0,236	0,163	0,054	-0,054
	CLC		1	0,219	0,081	<b>,453(**)</b>	-0,144	-0,142	0,035
	RHM			1	<b>-,283(*)</b>	0,102	0,119	0,065	-0,09
	WSP				1	0,084	0,066	-0,116	-0,209
	PREC					1	0,09	<b>-,594(**)</b>	-0,124
	PRES						1	<b>-,450(**)</b>	<b>-,663(**)</b>
	MINT							1	<b>,385(**)</b>
	MAXT								1
FEB	RSD	1	<b>-,725(**)</b>	-0,028	0,001	<b>-,521(**)</b>	0,215	0,233	-0,054
	CLC		1	0,2	<b>-,282(*)</b>	<b>,657(**)</b>	-0,183	<b>-,316(*)</b>	-0,083
	RHM			1	<b>-,479(**)</b>	0,271	-0,009	-0,112	-0,258
	WSP				1	-0,23	-0,125	0,087	0,064
	PREC					1	-0,067	<b>-,486(**)</b>	-0,157
	PRES						1	-0,24	<b>-,394(**)</b>
	MINT							1	0,187
	MAXT								1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (p<0.01) & \* . Correlation is significant at the 0.05 level (p<0.05).

The cross-correlations for spring months were depicted in Table 6. For the spring months, the correlations were found as; CLC was associated with RHM (positive), WSP (negative) and MAXT (negative) in weak level; RHM with WSP (negative),

PRES (positive), MINT (positive) and MAXT (negative) as weak; WSP with PRES (negative) as weak; PREC with MINT (negative) as weak; PRES with MINT (negative) as moderate, and with MAXT (negative) as weak.

Table 6. Cross-Correlations for Spring Months

MONTH	VARIABLE	RSD	CLC	RHM	WSP	PREC	PRES	MINT	MAXT
MAR	RSD	1	<b>-,810(**)</b>	<b>-,444(**)</b>	0,224	-0,057	0,023	-0,097	<b>,325(*)</b>
	CLC		1	<b>,438(**)</b>	<b>-,348(*)</b>	0,101	0,008	0,153	<b>-,340(*)</b>
	RHM			1	<b>-,302(*)</b>	0,072	-0,026	0,265	<b>-,475(**)</b>
	WSP				1	-0,156	-0,103	-0,046	-0,125
	PREC					1	0,096	<b>-,320(*)</b>	0,038
	PRES						1	<b>-,578(**)</b>	<b>-,295(*)</b>
	MINT							1	0,191
	MAXT								1
APR	RSD	1	<b>-,810(**)</b>	<b>-,460(**)</b>	0,109	-0,239	-0,015	-0,123	<b>,299(*)</b>
	CLC		1	<b>,434(**)</b>	-0,252	<b>,355(*)</b>	0,065	0,157	<b>-,342(*)</b>
	RHM			1	<b>-,461(**)</b>	0,122	<b>,328(*)</b>	0,176	<b>-,441(**)</b>
	WSP				1	-0,009	<b>-,399(**)</b>	-0,245	0,275
	PREC					1	0,048	<b>-,426(**)</b>	-0,151
	PRES						1	0,13	<b>-,305(*)</b>
	MINT							1	-0,037
	MAXT								1
MAY	RSD	1	<b>-,873(**)</b>	<b>-,398(**)</b>	0,113	-0,229	-0,157	-0,032	0,261
	CLC		1	<b>,458(**)</b>	-0,193	0,175	0,193	0,15	-0,207
	RHM			1	-0,184	-0,069	0,12	<b>,306(*)</b>	-0,166
	WSP				1	-0,095	-0,244	0,017	-0,161
	PREC					1	0,078	-0,06	-0,195
	PRES						1	-0,147	<b>-,396(**)</b>
	MINT							1	0,017
	MAXT								1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (p<0.01) & \* . Correlation is significant at the 0.05 level (p<0.05).

According to Table 7, the cross-correlations for the other climate variables in summer months were expressed as; CLC was associated with RHM moderately positive, with MAXT weakly negative, with PRES weakly positive; RHM was related to WSP

weakly negative; WSP was correlated to MAXT weakly positive in JUN and negative in AUG; PRES was associated with MINT and MAXT weakly negative; MINT was related to MAXT weakly positive.

Table 7. Cross-Correlations for Summer Months

MONTH	VARIABLE	RSD	CLC	RHM	WSP	PREC	PRES	MINT	MAXT
JUN	RSD	1	<b>-,798(**)</b>	<b>-,563(**)</b>	<b>,323(*)</b>	-0,16	0,037	-0,153	0,248
	CLC		1	<b>,511(**)</b>	-0,214	0,083	0,129	0,14	<b>-,338(*)</b>
	RHM			1	<b>-,345(*)</b>	0,187	-0,07	0,102	-0,167
	WSP				1	-0,023	-0,114	-0,108	<b>,400(**)</b>
	PREC					1	-0,126	-0,126	-0,038
	PRES						1	<b>-,313(*)</b>	<b>-,408(**)</b>
	MINT							1	0,197
	MAXT								1
JUL	RSD	1	<b>-,891(**)</b>	-0,261	-0,051	0,168	-0,255	0,059	<b>,369(**)</b>
	CLC		1	0,26	0,059	-0,134	<b>,350(*)</b>	-0,054	<b>-,405(**)</b>
	RHM			1	<b>-,287(*)</b>	0,057	0,116	-0,107	-0,107
	WSP				1	-0,216	0,011	-0,171	0,021
	PREC					1	0,064	-0,109	-0,19
	PRES						1	<b>-,366(**)</b>	<b>-,323(*)</b>
	MINT							1	<b>,353(*)</b>
	MAXT								1
AUG	RSD	1	<b>-,837(**)</b>	<b>-,331(*)</b>	-0,14	-0,001	-0,124	-0,019	<b>,395(**)</b>
	CLC		1	0,211	0,143	0,132	0,188	-0,016	<b>-,360(**)</b>
	RHM			1	-0,236	0,114	-0,045	0,08	0
	WSP				1	0,002	-0,066	-0,08	<b>-,416(**)</b>
	PREC					1	-0,083	-0,193	0,097
	PRES						1	<b>-,386(**)</b>	<b>-,453(**)</b>
	MINT							1	<b>,298(*)</b>
	MAXT								1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (p<0.01) & \* . Correlation is significant at the 0.05 level (p<0.05).

The pairwise relations for cross-correlations of variables in autumn months were demonstrated in Table 8 qua; for CLC and other variables, CLC was related to PRES positive weak, PREC positive weak and moderate, MINT negative weak; for RHM and other climate elements, RHM was associated with WSP negative

weak; For WSP, it was correlated with MINT and MAXT negative weak, PREC positive weak; for PREC, it was related to MINT negative weak and moderate levels; for PRES, it was correlated to MINT and MAXT negative weak; finally MINT and MAXT were correlated positively as weak.

Table 8. Cross-Correlations for Autumn Months

MONTH	VARIABLE	RSD	CLC	RHM	WSP	PREC	PRES	MINT	MAXT
SEP	RSD	1	<b>-,761(**)</b>	-0,219	-0,052	-0,053	<b>-,324(*)</b>	0,069	0,064
	CLC		1	0,112	0,095	0,196	<b>,379(**)</b>	-0,103	-0,113
	RHM			1	-0,265	0,001	0,046	0,03	-0,098
	WSP				1	-0,086	-0,076	<b>-,303(*)</b>	-0,05
	PREC					1	-0,226	-0,183	0,046
	PRES						1	<b>-,282(*)</b>	<b>-,417(**)</b>
	MINT							1	<b>,336(*)</b>
	MAXT								1
OCT	RSD	1	<b>-,827(**)</b>	<b>-,367(**)</b>	0,104	<b>-,540(**)</b>	0,164	0,142	0,184
	CLC		1	<b>,354(*)</b>	-0,108	<b>,424(**)</b>	-0,009	-0,099	-0,224
	RHM			1	<b>-,428(**)</b>	0,221	-0,045	-0,02	-0,237
	WSP				1	0,045	-0,158	-0,215	0,162
	PREC					1	-0,067	<b>-,434(**)</b>	-0,03
	PRES						1	<b>-,348(*)</b>	<b>-,429(**)</b>
	MINT							1	0,106
	MAXT								1
NOV	RSD	1	<b>-,699(**)</b>	0,2	<b>-,402(**)</b>	<b>-,575(**)</b>	0,226	<b>,363(**)</b>	<b>,296(*)</b>
	CLC		1	-0,039	0,16	<b>,583(**)</b>	-0,022	<b>-,446(**)</b>	-0,229
	RHM			1	<b>-,396(**)</b>	-0,106	-0,142	0,114	-0,135
	WSP				1	<b>,306(*)</b>	-0,107	<b>-,330(*)</b>	<b>-,328(*)</b>
	PREC					1	-0,154	<b>-,685(**)</b>	-0,228
	PRES						1	0,156	<b>-,338(*)</b>
	MINT							1	0,133
	MAXT								1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (p<0.01) & \* . Correlation is significant at the 0.05 level (p<0.05).

The obtained findings were revealed that the RSD was associated with other climate variables in spite of the grade of significance was varied for each time period. The prediction of RSD was not the main content of the present work, however this settlement may be analyzed and discussed in subsequent studies.

#### 4. Conclusions and Recommendations

In this study offered that, RSD was associated with other climate variables over diverse grades owing to the monthly sessions. Daily valus for each climate variable were transformed to monthly average daily values during 1960-2010 and then each dataset was examined with Pearson correlation analysis technique. The pairwise relations for RSD and the other climate variables were obtained generally as weak, moderate and high grades. RSD was related to the climate elements as expressed; for CLC as moderate and high levels, for RHM as weak and moderate, for WSP as weak, for PREC as weak and moderate, for PRES as weak, for MINT as weak and moderate, for MAXT as weak. Additionally, the cross-correlations differed in direction such as positive or negative and magnitude i.e. weak, moderate and high but found as weak or moderate for each month.

According to the monthly sessions of the period 1960-2010, there were obtained the correlations as statistically meaningful among the RSD and the climate variables mentioned above.

Eventually, it was seen that the RSD was negatively related to cloud cover, the amount of precipitation and the relative humidity while pointed out that it was positively associated with the atmospheric pressure, wind speed, minimum and maximum air temperatures except the found exceptional cases.

Furthermore, atmospheric circulations and topography of a given location are associated with RSD spatially. Additionally, urban planning and urbanization rate, the emissions of air pollutants in atmosphere originated from natural and anthropogenic sources have influences on the RSD.

#### 5. Acknowledge

The author wish to thank for supplying the climatological data to the Turkish State Meteorological Service.

#### References

Aksoy, B. (1999). Analysis of Changes in Sunshine Duration Data for Ankara, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 64, 229-237.  
 Aksoy, B. (2010). Solar radiation over Turkey and its analysis. *International Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.508056>.

- Angell J.K., Korshover, J., & Cotton, G.F. (1984). Variation in United States Cloudiness and Sunshine, 1950-82. *Journal of Applied Meteorology*, 23, 752-761.
- Duffie J. A. & Beckman, W. A. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes. *John Wiley & Sons*, New York, NY, USA, 2nd edition.
- Essa, K. S., & Etman, M. S., (2004). On the Relation Between Cloud Cover Amount and Sunshine Duration. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87, 235-240.
- Kalogirou, S.A. (2009). Solar Energy Engineering Processes and Systems. *Elsevier Inc*, Amsterdam, The Netherlands, 1st edition.
- Palle, E., & Butler, C.J., (2001). Sunshine Records From Ireland: Cloud Factors and Possible Links to Solar Activity and Cosmic Rays. *International Journal of Climatology*, 21, 709-729. <https://doi.org/10.102/joc.657>.
- Robaa, S.M. (2008). Evaluation of Sunshine Duration From Cloud Data in Egypt. *Energy*, 33(5), 785-795.
- Sanchez-Lorenzo, A., Calbo, J., Brunetti, M., & Deser, C. (2009). Dimming/brightening over the Iberian Peninsula: trends in sunshine duration and cloud cover and their relations with atmospheric circulation. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 114(10), Article ID D00d09.
- Weber, G.R. (1994). On the Seasonal Variation of Local Relationships Between Temperature, Temperature Range, Sunshine and Cloudiness. *Theoretical and Applied Climatology*, 50(1-2), 15-22.
- You, Q., Kang, S., Flugel, W.A., Lorenzo, A.S., Yan, Y., Huang, J., & Vide, J.M. (2010). From Brightening to Dimming in Sunshine Duration over the Eastern and Central Tibetan Plateau (1961-2005). *Theor. Appl. Climatol.* 101, 445-457.
- Yang, Y.H., Zhao, N., Hao, X.H., & Li, C.Q. (2009a). Decreasing trend of sunshine hours and related driving forces in North China. *Theor. Applied Climatology*, 97, 91-98, <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0049-x>.
- Yang, Y., Zhao, N., Hu, Y., & Zhou, X. (2009b). Effect of Wind Speed on Sunshine Hours in Three Cities in Northern China. *Climate Research*, 39, 149-157, <https://doi.org/10.3354/cr00820>.
- Zateroglu, M.T. (2021a). Assessment of the Effects of Air Pollution Parameters on Sunshine Duration in Six Cities in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 30(02A), 2251-2269.
- Zateroglu, M.T. (2021b). The Role of Climate Factors on Air Pollutants (PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub>). *Fresenius Environmental Bulletin*. 30(11), 12029-12036.





# Statistical Models For Sunshine Duration Related To Precipitation And Relative Humidity

Mine Tulin Zateroglu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Cukurova University, Vocational School of AOSB Technical Sciences, Department of Electrical and Energy, Adana, Turkey (ORCID: 0000-0002-1050-6174)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1022962)

**ATIF/REFERENCE:** Zateroglu, M.T. (2021). Statistical Models For Sunshine Duration Related to Precipitation And Relative Humidity. *European Journal of Science and Technology*, (29), 208-213.

## Abstract

Energy usage leads to environmental problems especially climate change and air pollution. In urban areas, extensive consumption of fossil energy sources deteriorates urban air quality and causes health problems such as asthma and respiratory diseases. The usage of renewable energy sources mainly solar energy instead of fossil energy sources provide the healthier and cleaner environment. Some statistical approaches have been used to predict the solar radiation for many years. The formula which is named as Angström-Prescott is widely used for the estimation. This approach uses the value of relative sunshine duration which is computed by using the daily measurement of sunshine duration and the daylength. Sunshine duration has been measured at meteorological stations for a long time. But in some cases such as remote areas or non-exist stations, sunshine duration is forecasted by using statistical methods. In atmospheric environment, sunshine duration is affected from other climate parameters such as cloud cover, wind speed, relative humidity, precipitation, air temperature, pressure. This paper offers to gain the relationships for sunshine duration via precipitation and relative humidity. To construct the statistical models, cloud cover was entered the models firstly because of its association with sunshine duration. Many studies were shown that sunshine duration was highly correlated to the cloud cover. The observed daily mean values of sunshine duration and climate elements were the data of Samsun meteorological station measured by Turkish State Meteorological Service. To acquire the statistical models for sunshine duration, data was arranged as monthly mean values and then linear regression analysis method was operated. Also the graphs of time series of climate variables were visually created for a clear interpretation. According to the findings, sunshine duration can be estimated bu using statistical models over cloud cover, precipitation and relative humidity. The contributions of precipitation and relative humidity change for different time scales.

**Keywords:** Sunshine Duration, Cloud Cover, Precipitation, Relative Humidity, Regression Analysis.

## Güneşlenme Süresinin Yağış Miktarı ve Nisbi Nem İle İlişkili İstatistiksel Modelleri

### Öz

Enerji kullanımı başta iklim değişikliği ve hava kirliliği olmak üzere çevre sorunlarına yol açmaktadır. Kentsel alanlarda fosil enerji kaynaklarının yoğun tüketimi kentsel hava kalitesini bozmakta, astım ve solunum yolu hastalıkları gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Fosil enerji kaynakları yerine güneş enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması daha sağlıklı ve temiz bir çevre sağlamaktadır. Güneş radyasyonunu tahmin etmek için uzun yıllardır bazı istatistiksel yaklaşımlar kullanılmıştır. Tahmin için Angström-Prescott olarak adlandırılan formül yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, günlük güneşlenme süresi ve gün uzunluğu ölçümü kullanılarak hesaplanan bağıl güneşlenme süresi değerini kullanır. Güneşlenme süresi uzun zamandır meteoroloji istasyonlarında ölçülmektedir. Ancak istasyon bulunmayan veya uzak bölgeler gibi bazı durumlarda, istatistiksel yöntemler kullanılarak güneşlenme süresi tahmin edilir. Atmosferik ortamda güneşlenme süresi, bulutla kaplılık, rüzgar hızı, nisbi nem, yağış miktarı, hava sıcaklığı, atmosferik basınç gibi diğer iklim parametrelerinden etkilenir. Bu makale, yağış miktarı ve nisbi nem yoluyla güneşlenme süresi bağıntılarının elde edilmesini önermektedir. İstatistiksel modelleri oluşturmak için güneşlenme süresi ile olan ilişkisinden dolayı modellere ilk olarak bulutla kaplılık eklenmiştir. Birçok çalışma, güneşlenme süresinin bulutla kaplılık ile yüksek oranda ilişkili olduğunu göstermiştir. Güneşlenme süresi ve iklim elemanlarının gözlemlenen günlük ortalama değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri tarafından ölçülen Samsun meteoroloji istasyonuna ait verilerdir. Güneşlenme süresi için istatistiksel modeller elde etmek için veriler aylık ortalama değerler olarak düzenlenmiş ve ardından doğrusal regresyon analizi yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca iklim değişkenlerinin zaman serilerinin grafikleri de görsel olarak oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, bulutla kaplılık, yağış miktarı ve nisbi nem

\* Corresponding Author: Cukurova University, Vocational School of AOSB Technical Sciences, Department of Electrical and Energy, Adana, Turkey, ORCID: 0000-0002-1050-6174, [mtzateroglu@cu.edu.tr](mailto:mtzateroglu@cu.edu.tr)

üzerinden istatistiksel modeller kullanılarak güneşlenme süresi tahmin edilebilmektedir. Farklı zaman ölçeklerinde yağış miktarı ve nisbi nemin katkıları değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneşlenme süresi, Bulutla Kaplılık, Yağış Miktarı, Nisbi Nem, Regresyon Analizi.

## 1. Introduction

Energy production and increasing energy consumption based on fossil fuels exhibit unsustainable structure for the development around the world. To avoid this problem, energy policies can be transformed to a sustainable structure which provide an increasing portion of renewable energy sources in whole energy consumption. Solar energy is basic and the most important energy source among the renewable energy sources. For a sustainable and cleaner world, it is necessary to benefit and use more solar energy.

Solar radiation for energy has been measured over the world for a long time. But these measurements are still not enough, so the prediction of solar radiation is more suitable to determine the value. Some statistical approaches have been used to predict the solar radiation. The formula which is named as Angström-Preseott is widely used for the estimation. This approach uses the value of relative sunshine duration which is computed by using the daily measurement of sunshine duration and the daylength. Sunshine duration is a key element for solar radiation and consequently for human life. Sunshine duration affects many areas such as tourism activities, planning the power plants, agriculture and etc. Also it has effects on human psychology.

Climatological variables being in the atmospheric phenomena have close interactions among themselves. So, sunshine duration which is one of the climate variable is associated with other climate variables. Especially, cloud cover which is defined as the part of the sky enclosed by clouds is highly correlated with sunshine duration according to the many studies (Randarajan et al., 1984; Palle&Butler, 2001; Essa&Etman, 2004; Weber, 1994; Angell et al., 1984; Sanchez-Lorenzo et al., 2009; Robaa, 2008; Matuszko, 2012). Clouds consist of liquid or solid ice particles in the atmosphere and obstruct the quantity of incoming direct solar irradiance which is used for measuring sunshine duration in equipments. Additionally, environmental elements in the atmosphere such air pollutants are related to sunshine duration and affect the amount of sunshine duration (Zateroglu, 2021a&2021b).

Samsun with an area of 9579 km<sup>2</sup> is located in the middle part of the Black Sea coastline, between the deltas where the Yeşilirmak and Kızılırmak rivers flow into the Black Sea. It is coordinated between the north latitudes 40° 50' – 41° 51' and east longitudes 37° 08' – 34° 25'. Samsun is surrounded by the Black Sea in the north, Ordu in the east, Sinop in the west, Tokat and Amasya in the south and Çorum in the southwest. The south of the area is mountainous, the north is coastal plains, and the middle part consists of plateaus. The province has generally a temperate climate. However, two different climate characteristics are experienced on the coastline and inland. The effects of the Black Sea climate are seen on the coastline. So, summers are hot, and winters are warm and rainy. For inland, due to the influence of the mountains, summers are cool and winters are cold, rainy and snowy. According to long term records, annual average relative humidity is 70,3(%), precipitation is 716,7 (mm), the number of rainy days is about 154, cloud cover is 5,9, sunshine duration is around 5,3(hour). The most precipitation occurs in autumn and winter whereas maximum value on November and minimum value on August. The month with the highest humidity is May and

the month with the lowest is December. Air masses coming from the sea and containing plenty of humidity cause the sky to be cloudy even in summer. The maximum value of cloud cover becomes on February with 7,6 and minimum values on July and August. For sunshine duration, the highest value is obtained on July whereas the lowest value on January. The class of climate for Thornthwaite climate classification is semi humid and 2nd mesothermal.

In this study, it is aimed to represent the relationships as statistical models to predict the sunshine duration over precipitation and relative humidity in addition to cloud cover. The long-term records of measured values for sunshine duration, cloud cover, precipitation and relative humidity were provided from Turkish State Meteorological Service for Samsun station. Daily sunshine duration data is measured by Campbell-Stokes equipment as hour per day. This sunshine recorder uses the quantity of the incoming direct solar irradiance to measure the daily sunshine duration. The measurement of the cloud cover (CLC) is provided by visual observations. Its value changes 0 (uncloudy) to 10 (completely cloudy). Precipitation (PREC) and relative humidity (RHM) is measured by pluviograph and hygograph, respectively. In lieu of the term sunshine duration, the statement relative sunshine duration is preferred in researches, therefore prior to examining the statistical studies, sunshine duration measurements were transformed to index values as relative sunshine duration.

## 2. Material and Method

### 2.1. Relative Sunshine Duration

The term of relative sunshine duration (RSD) was used in this study because of it is preferred in scientific papers instead of measured value. The value of RSD is between 0 and 1. It determines the ratio of measured sunshine duration (S) to daylength (S<sub>0</sub>). S is measured as hour/day in meteorological station by Campbell-Stokes equipment. S<sub>0</sub> is calculated from formula refer to (1).

Equation (2) demonstrates the calculation of the declination angle which is defined as the angle between the equatorial plane and the incoming solar rays.  $\varphi$  expresses the latitude angle ( $-90 \leq \varphi \leq +90$ ) that varies according to the location. Daylength and declination angle are computed by formulae as follows (Duffie&Beckman, 1991; Kalogirou, 2009),

$$S_0 = \left(\frac{2}{15}\right) \cos^{-1}(-\tan\delta \tan\varphi) \quad (1)$$

$$\delta = 23.45 * \sin\left(\frac{360}{365}(284 + d)\right) \quad (2)$$

where  $d$  determines the day number of the year starting from January 1.

## 2.2. Multiple Linear Regression

To construct the statistical models in estimating the RSD qua statistically meaningful (for the confidence interval of %95), linear regression analysis method was utilized over CLC, PREC and RHM. The regression analysis technique has been generally operated in predicting the climatological parameters. By using the linear regression, the relations between RSD and other variables may be demonstrated as mathematical models. Estimating the RSD over climate variables was implemented by using the Equation (3) which determines the relation as a mathematical model,

$$RSD = a_0 + a_1CLC + a_2PREC + a_3RHM + \varepsilon \quad (3)$$

where the statement RSD expresses the dependent variable, the expressions CLC, PREC and RHM denote the independent variables,  $\varepsilon$  determines the error phrase associated with the regression, the terms  $a_0$  and  $a_1$  demonstrate the regression coefficients.

There has been two measures to interpret the consistency of the mathematical models obtained via linear regression, which are called as the names standard error and multiple determination coefficient.

The statement of determination coefficient is expressed as  $R^2$  and used as a scale to indicate the fitting of estimated model with measured values. The measure  $R^2$  denotes the computed value as percent and varies 0 (means that the dependent variable is unexplained by the independent variables) to 1 (expresses that the dependent variable is explained by the independent variables in highest level). The value of multiple determination coefficient is calculated for the statistical model by Equation (4) as follows:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_{e,i} - \bar{Y})^2}{\sum(Y_{o,i} - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

where the term  $\bar{Y}$  denotes the average value of the measured values  $Y_i$ , the phrase  $Y_o$  expresses the observed value of the  $Y_i$ , the statement  $Y_e$  demonstrates the estimated value of the  $Y_i$ . The value 1 for obtained  $R^2$  determines that the model is consistent with the dataset in high level, but the value 0 denotes the model is inconsistent with the data.

The second term to evaluate the statistical estimated models is the expression standard error. It is used to interpret the accuracy of the constructed models. The term Standard Error of Estimation (SEE) determines a scale which demonstrates the difference

between predicted and observed values. This expression indicates that the amount of the deviation the measured values from the estimated values on average and computed by the formula as shown in Equation (5),

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum(Y_o - Y_e)^2}{n - 2}} \quad (5)$$

where the term  $Y_o$  defines the observed value, the phrase  $Y_e$  denotes the estimated value and  $n$  depicts the number of observations.

## 2.3. Normalization index

Prior to constructing the figures of climate variables, the studied dataset for each variable were transformed as standardized values for interpreting more clear the analysis. The all climate data were normalized over the formula shown in Equation (6),

$$x_i = \frac{x_j - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (6)$$

where the term  $x_i$  expresses the normalized value of  $x_j$  that defines the observed data. The statement  $x_{min}$  determines the minimum value of the dataset of variables. The phrase  $x_{max}$  indicates the maximum value of the given dataset. The converted values for the interval 0 to 1 are presented by Equation (6).

## 3. Results and Discussion

The statistical approach was performed for climate variables determined in the study. Multiple linear regression technique was employed as statistical analysis method. This method is commonly operated in studies about estimating of meteorological parameters. Before the mathematical models were created, the climate data for variables were examined to depict if they fit the normal distribution.

The One-Sample Kolmogorov-Smirnov test which is one of the normality tests was operated on dataset to determine the distribution of data. This normality test is based on the perusal of two cumulative distribution functions (Gamgam, 1998: 196). Table 1 was shown the results of Kolmogorov-Smirnov test for all climate variables used in this study. For all months, the significance level values (Asymp. Sig., 2-tailed) obtained against the calculated Z-values (Kolmogorov-Smirnov Z) were acquired as bigger than the statistical significance level 0,05 (p-value). So, the dataset was found to fit the normal distribution.

Table 1. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test Results

Month	Statistical Parameter	RSD	CLC	RHM	PREC
JANUARY	Kolmogorov-Smirnov Z	0,943307	0,526486	0,505865	0,806281
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,335773	0,944441	0,96007	0,533957
FEBRUARY	Kolmogorov-Smirnov Z	0,455231	0,768832	0,484143	1,297479
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,985697	0,595578	0,973191	0,06899
MARCH	Kolmogorov-Smirnov Z	0,899901	0,725153	0,455989	0,607274
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,392868	0,669058	0,985435	0,854508
APRIL	Kolmogorov-Smirnov Z	0,606387	0,733294	0,555444	1,054929
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,855715	0,655331	0,917245	0,215701
MAY	Kolmogorov-Smirnov Z	0,506201	0,461639	0,882344	0,880872
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,95984	0,983379	0,417564	0,419676
JUNE	Kolmogorov-Smirnov Z	0,882103	0,796396	0,575967	0,935326
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,41791	0,550017	0,894417	0,345837
JULY	Kolmogorov-Smirnov Z	0,6104	0,594358	0,555166	1,042735
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,850219	0,871664	0,917534	0,226975
AUGUST	Kolmogorov-Smirnov Z	0,40598	0,689534	0,788013	1,024812
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,996534	0,72858	0,563764	0,244346
SEPTEMBER	Kolmogorov-Smirnov Z	0,855049	0,486842	0,692112	0,785018
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,457682	0,971743	0,724323	0,568699
OCTOBER	Kolmogorov-Smirnov Z	0,527254	0,791368	0,626949	1,232445
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,943798	0,558248	0,826719	0,095866
NOVEMBER	Kolmogorov-Smirnov Z	0,982639	1,163308	0,563087	0,918649
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,289076	0,133491	0,909075	0,367501
DECEMBER	Kolmogorov-Smirnov Z	0,659392	1,01419	0,60896	1,005533
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,777324	0,255099	0,852201	0,264116

In Table 1, it was demonstrated the mathematical models to predict the RSD. These models were provided from stepwise regression analysis which is one of the multiple linear regression analysis methods as statistically meaningful. This method takes into account the variables that contribute the most to the model for each month. The periods were determined from January to December as JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, and DEC. Besides, the values of statistical

indexes were computed using formulas mentioned above and presented for each model. The grade of the models was high for MAR, APR, MAY, OCT and NOV, while moderate for JAN, FEB, JUN and DEC. But for JUL and AUG, the degree of produced models was obtained as weak. Probably, the other climate factors may be effective during these months or there may be errors in measurements.

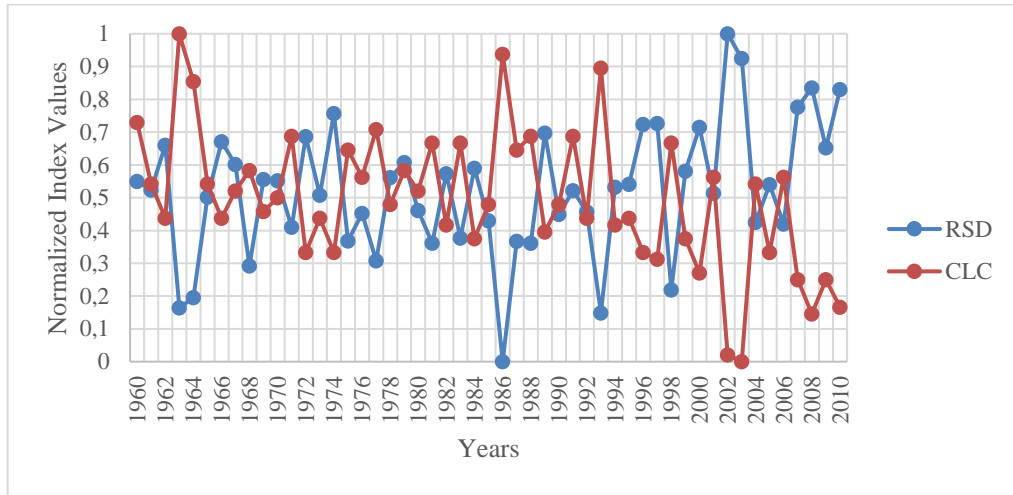
Table 2. Statistical Models and Indexes for RSD

Month	Model	R	R <sup>2</sup>	SEE	Significance
JAN	0,767-0,069*CLC-0,057*PREC-0,086*RHM	0,736	0,542	0,04756	0,000
FEB	0,817-0,077*CLC+0,001*PREC	0,815	0,664	0,04540	0,000
MAR	1,078-0,084*CLC-0,002*RHM	0,895	0,802	0,03762	0,000
APR	1,015-0,095*CLC-0,001*RHM	0,935	0,875	0,03552	0,000
MAY	1,228-0,085*CLC-0,004*RHM	0,927	0,859	0,03855	0,000
JUN	0,941-0,086*CLC	0,818	0,67	0,04984	0,000
JUL	0,808-0,055*CLC	0,452	0,204	0,07517	0,001
AUG	0,874-0,068*CLC	0,533	0,284	0,07562	0,000
SEP	0,916-0,076*CLD-0,001*RHM	0,68	0,462	0,05651	0,000
OCT	0,898-0,083*CLC-0,068*RHM-0,027*PREC	0,865	0,748	0,05111	0,000
NOV	0,884-0,082*CLC-0,024*PREC	0,872	0,761	0,04810	0,000
DEC	0,806-0,079*CLC+0,014*RHM	0,779	0,608	0,05405	0,000

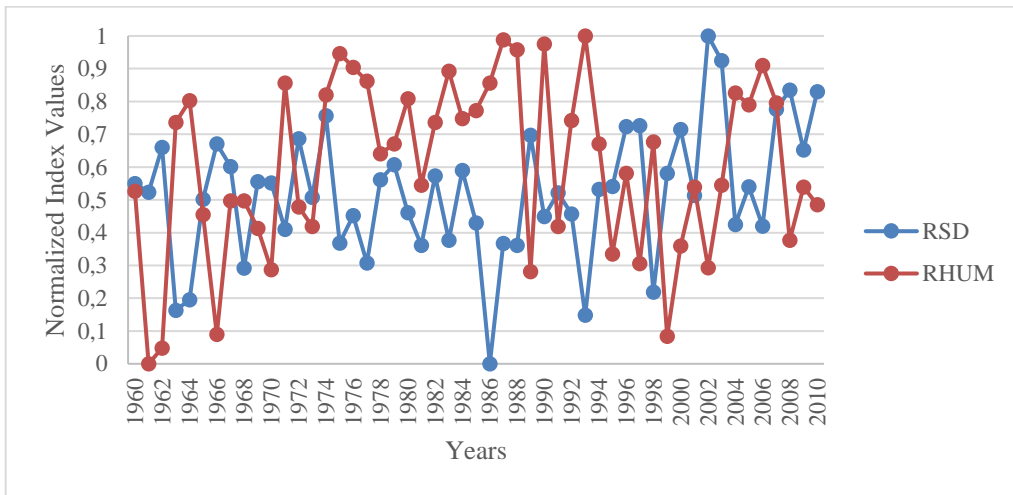


Additionally, the time series for studied climate variables as pairwise were presented in Figures 1-3. The normalized index values for RSD versus CLC were constructed in Figure 1, for RSD versus PREC in Figures (2) and finally for RSD versus RHM in

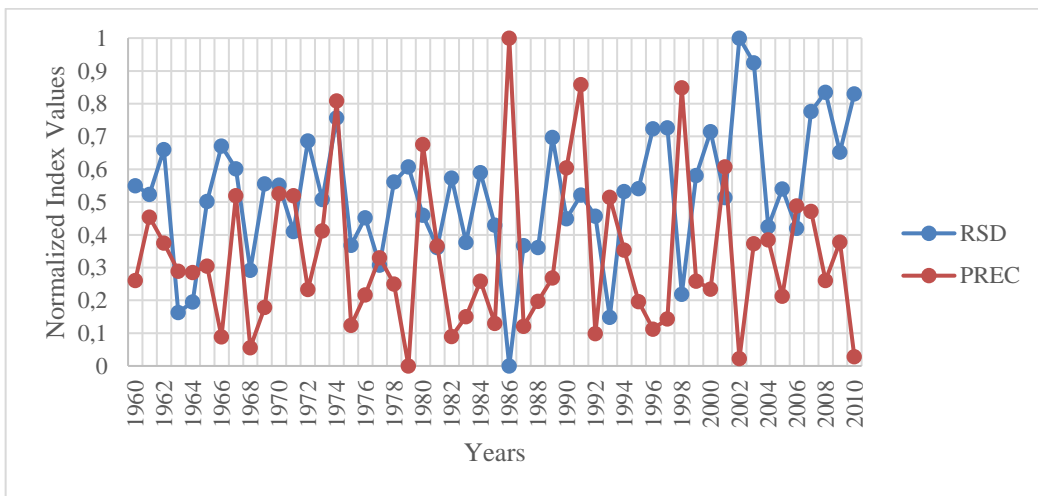
Figure (3) for April session during 1960-2010. The graphs of the climate variables demonstrate the variations over the years to evaluate the temporal vision.



*Figure 1. Variations of RSD and CLC*



*Figure 2. Variations of RSD and RHUM*



*Figure 3. Variations of RSD and PREC*

In all Figures 1 to 3, although there have been some exceptional circumstances, it was visualized that RSD was varied

with CLC, PREC and RHM inversely. The high values of observed RSD correspond to the low values of observed CLC,

RHM and PREC. The exceptional circumstances in the graphs may be comprised presumably due to incorrect measurement values. Further, it can be obviously interpreted that, while the sky is enveloped by the cloud cover, the quantity of sunshine duration decreases as expected.

#### 4. Conclusions and Recommendations

This study depicted that sunshine duration was related to the climate variables i.e. cloud cover, precipitation and relative humidity. According to the findings, the constructed statistical models coming from regression analysis method were indicated that the grade of the relationships was changed for each session. Furthermore, the temporal variations of pairwise datasets were demonstrated that the variations in sunshine duration were oppositely associated with the changes of cloud cover, precipitation and relative humidity as expected in spite of some exceptional circumstances presumably because of mistaken observations. Moreover, statistical index value for determination coefficient obtained from mathematical models were acquired as high and moderate degrees but for the two months July and August, determination coefficient values were found as weak levels perhaps because of incorrect measurements or the effects of other climate factors. This situation may be discussed in further studies taking into account the other climate variables. Besides, geographical structure and atmospheric circulations for a location may affect the climate variables and so sunshine duration. The results were shown that the amount of sunshine duration gets high values with low cloud cover, precipitation and relative humidity and vice versa. Eventually, according to the findings, sunshine duration can be estimated by using statistical models over cloud cover, precipitation and relative humidity. The contributions of precipitation and relative humidity change for different time scales.

#### 5. Acknowledge

The author would like to thank to the Turkish State Meteorological Service for providing the data for this work.

#### References

- Angell J.K., Korshover, J., & Cotton, G.F. (1984). Variation in United States Cloudiness and Sunshine, 1950-82. *Journal of Applied Meteorology*, 23, 752-761.
- Duffie J. A. & Beckman, W. A. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes. *John Wiley & Sons*, New York, NY, USA, 2nd edition.
- Essa, K. S., & Etman, M. S., (2004). On the Relation Between Cloud Cover Amount and Sunshine Duration. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87, 235-240.
- Gamgam, H. (1998). *Parametrik Olmayan İstatistiksel Teknikler*, Ankara, Gazi Üniversitesi Yayını.
- Kalogirou, S.A. (2009). Solar Energy Engineering Processes and Systems. *Elsevier Inc*, Amsterdam, The Netherlands, 1st edition.
- Matuszko, D. (2012). Influence of cloudiness on sunshine duration. *International Journal of Climatology*, 32(10), 1527– 1536.
- Palle, E., & Butler, C.J., (2001). Sunshine Records From Ireland: Cloud Factors and Possible Links to Solar Activity and Cosmic Rays. *International Journal of Climatology*, 21, 709-729. <https://doi.org/10.102/joc.657>.
- Rangarajan, S., Swaminathan, M.S., & Mani, A. (1984). Computation of solar radiation from observations of cloud cover. *Solar Energy*, 32(4), 553–556.
- Robaa, S.M. (2008). Evaluation of Sunshine Duration From Cloud Data in Egypt. *Energy*, 33(5), 785-795.
- Sanchez-Lorenzo, A., Calbo, J., Brunetti, M., & Deser, C. (2009). Dimming/brightening over the Iberian Peninsula: trends in sunshine duration and cloud cover and their relations with atmospheric circulation. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 114(10), Article ID D00d09.
- Weber, G.R. (1994). On the Seasonal Variation of Local Relationships Between Temperature, Temperature Range, Sunshine and Cloudiness. *Theoretical and Applied Climatology*, 50(1-2), 15-22.
- Zateroglu, M.T. (2021a). Assessment of the Effects of Air Pollution Parameters on Sunshine Duration in Six Cities in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 30(02A), 2251-2269.
- Zateroglu, M.T. (2021b). The Role of Climate Factors on Air Pollutants (PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub>). *Fresenius Environmental Bulletin*. 30(11), 12029-12036.



# Towards Localized Tactile Feedback on Touch Surfaces: Finite Element Analysis of a Vibrating Touch Screen Actuated by Piezo Patches

Nur Lara Alpdogan<sup>1</sup>, Mehmet Ayyıldız<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Bilgi University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4389-7519), [lara.alpdogan@bilgi.edu.net](mailto:lara.alpdogan@bilgi.edu.net)

<sup>2\*</sup> Istanbul Bilgi University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3411-6215), [mehmet.ayyildiz@bilgi.edu.tr](mailto:mehmet.ayyildiz@bilgi.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1014803)

**ATIF/REFERENCE:** Alpdogan, N. L. & Ayyıldız, M. (2021). Towards Localized Tactile Feedback on Touch Surfaces: Finite Element Analysis of a Vibrating Touch Screen Actuated by Piezo Patches. *European Journal of Science and Technology*, (29), 214-218.

## Abstract

Surface haptics technologies offer an augmented user experience by providing a unique and distinctive interaction between the finger and touchscreen. In this study, we focus on a touch screen design to display vibrotactile tactile feedback to the user through piezo patches located on its surface. We investigated the effects of boundary conditions, piezo configurations, and materials of the touch surface and piezo patches that will achieve the highest deformation on the touch surface, considering the most sensible human tactile perception frequency using the ANSYS FEM software package. In our analysis, we used three different touch surface and piezo patch materials, three different boundary conditions, four different piezo patch locations, and three different touch surface thicknesses. The results showed that the boundary conditions and thickness of the glass have a significant effect on the first natural frequency of the touch surface, and the results leading to best human tactile perception were obtained by fixing four piezo patches at four sides of the touch surface. Based on the determined configuration in the modal analyses, we performed a response surface optimization study to estimate the geometry of the touch surface (width, height, thickness), which will result in maximum deformation on the touch surface. We achieved the best configuration (max total deformation at about 250 Hz first modal frequency) with 160 × 90 × 0.28 mm and 190 × 110 × 0.4 mm dimensions. In the future, we will develop models to render localized tactile feedback on a touchscreen-based on piezo patches operating at various combinations (i.e., sequence, amplitude, frequency), which will be predicted based on the FEM simulations.

**Keywords:** Surface Haptics, Vibrotactile Feedback, Touch Screen, Finite Element Analysis, Piezo Patches

## Dokunmatik Yüzeylerde Yerel Dokunsal Geri Bildirime Doğru: Piezo Yamalar Tarafından Çalıştırılan Titreşimli Bir Dokunmatik Ekranın Sonlu Elemanlar Analizi

### Öz

Yüzey haptik teknolojileri, parmak ve dokunmatik ekran arasında benzersiz ve ayırt edici bir etkileşim sağlayarak artırılmış bir kullanıcı deneyimi sunar. Bu çalışmada, yüzeyinde bulunan piezo yamalar aracılığıyla kullanıcıya vibrotaktıl dokunsal geri bildirim gösteren bir dokunmatik ekran tasarımına odaklanılmıştır. ANSYS FEM yazılım paketini kullanarak, dokunmatik yüzeyde en yüksek deformasyonu sağlayacak ekran ve piezo yama malzemelerinin, sınır koşullarının ve piezo konfigürasyonunun etkilerini insan dokunsal algısının en hassas olacağı frekansı göz önünde bulundurarak araştırdık. Analizimizde üç farklı dokunmatik yüzey ve piezo yama malzemesi, üç farklı sınır koşulu, dört farklı piezo konumu ve üç farklı dokunmatik yüzey kalınlığı kullandık. Sonuçlar, camın sınır koşullarının ve kalınlığının dokunmatik yüzeyin ilk doğal frekansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve dokunmatik yüzeyin dört tarafına dört piezo yamasının sabitlenmesiyle en iyi insan dokunma algısını sağlayacak sonuçların elde edildiğini gösterdi. Modal analizlerde belirlenen konfigürasyon baz alınarak, dokunmatik ekranda maksimum deformasyonun başarılacağı dokunmatik ekranın geometrisini (genişlik, yükseklik, kalınlık) hesaplamak için bir tepki yüzeyi optimizasyonu çalışması gerçekleştirdik. 160 × 90 × 0.28 mm ve 190 × 110 × 0.4 mm boyutlarıyla en iyi konfigürasyonu (yaklaşık 250 Hz birinci modal frekansta maksimum toplam deformasyon) elde ettik. Gelecekte, FEM simülasyonlarının sonuçlarına bağlı olarak tahmin edilecek değişik piezo kombinasyonlarında (tahrik sırası, genliği, ve frekansı) dokunmatik yüzeylerde yerleştirilmiş dokunsal geri bildirim oluşturacak modeller geliştireceğiz.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzey Haptiği, Vibrotaktıl Dokunsal Geri Bildirim, Dokunmatik Ekran, Sonlu Elemanlar Analizi, Piezo Yamalar.

\* Corresponding Author: [mehmet.ayyildiz@bilgi.edu.tr](mailto:mehmet.ayyildiz@bilgi.edu.tr)

## 1. Introduction

Today, touch screens replace the mechanical buttons, keys, and knobs used in conventional devices. Surface haptics, providing tactile feedback on touch surfaces, is a recent research field that is accumulating a lot of attention due to the widespread usage of touchscreens. There are different methods such as electrovibration, ultrasonic actuation, and vibrotactile actuation to augment user experience on touch surfaces [1]. In electrostatic actuation, the friction is modulated between the fingertip and a touch surface. An electrostatic attraction force is produced between the surface and finger when an alternating voltage is applied to the conductive layer of a capacitive touchscreen. Hence, there is no mechanical vibration on the touch surface. In ultrasonic actuation, the touch surface is stimulated mechanically at an ultrasonic resonance frequency that generates a thin layer of air gap between the finger and the touch surface. Therefore, the sliding friction of the finger is reduced as opposed to the sliding friction in electrovibration. In vibrotactile actuation, a vibration signal at a frequency that is detectable by the user's fingertip (usually below 500 Hz) is displayed through a touch surface. The simplest and most common example for this technology is the touch surface of a mobile phone, which is typically actuated by a low-cost vibration motor to notify the user about the incoming calls and provide confirmation for button clicks.

Adding tactile feedback to the touch surfaces can augment the experience of the user and provide an additional layer of information through the haptic channel. In this study, we will focus on vibrotactile actuation, which involves using small and lightweight actuators on the touch surface to provide tactile feedback to the user. So far, various methods have been utilized to display tactile feedback on touch surfaces. Baylan et al. [2] simulated different layouts by conducting finite element analyses using the ABAQUS software and compared the amplitude of the vibrations on the touchscreen by placing a various number of piezoelectric actuators on different configurations. Then, they computed the first four resonant frequencies in three different boundary conditions of the touch screen to determine the optimal configuration for piezo patches. Sari et al. [3] investigated the effects of voltage, frequency, number, and position of piezo patches on the surface vibrations of the touch screen to produce high-amplitude vibrations. They reported that as the number of active piezo patches increased, the maximum amplitude obtained on the touchscreen was also increased. Ak et al. [4] explored the vibration modes of the screen using different piezo and touch screen materials using the finite element method. Their results showed that Gorilla Glass led to the best vibration characteristics among Gorilla Glass, Sapphire, and Alon. Also, they observed that the number of the piezo elements changed the mode shapes of the touch screen. Hudin et al. [5] implemented a time-reversal of acoustic waves approach to produce localized tactile stimuli on a transparent surface using piezoelectric actuators. They conducted a user study to demonstrate their capability to provide perceivable localized tactile feedback. Enferad et al. [6] used the time-reversal method to produce velocity fields on touch surfaces using piezoelectric patches. They calculated the required voltage and dispatched them among piezo elements to produce localized tactile feedback by modal superposition.

This study investigates the effects of boundary conditions, piezo configuration, and materials of the touch surface and piezo

patches to design a vibrotactile touchscreen using the ANSYS software. First, we performed modal analyses to determine optimum material types and boundary conditions for the glass and piezo patches. Then, we performed response surface analysis to determine the optimum geometry of the glass (width, height, and thickness). In these analyses, we aimed to obtain the highest deformation amplitude on the glass at the vicinity of 250 Hz, where human tactile perception is maximized [7]. These results will guide us in developing models to provide localized tactile feedback to users by actuating piezo patches (i.e., at different combinations, sequences, and amplitudes). Hence, independent from the actual position of the piezo actuators, we can generate localized stimulation on the touch surface by superposing modal forces at variable ratios.

## 2. Material and Method

### 2.1. Modal Analyses

We performed our modal analyses using ANSYS Mechanical. In the first phase, we designed our system in ANSYS DesignModeler, as shown in Fig. 1. The gray rectangular area shows the glass, while the yellow circles represent piezo patches. The dimensions of the touch surface were 160×90×0.3 mm, and the diameter and thickness of the piezo patches were 25 mm and 0.2 mm, respectively. Then, material properties for the touch surface (glass, Gorilla Glass, and Sapphire) and piezo patches (PZT-4, PZT-5A, and Piezo-Ceramic) were entered in the engineering data as shown in Table 1 and Table 2, respectively. The element size was 0.001 meters in the meshing; average, minimum and maximum element quality was 0.52746, 0.30895, and 0.89052, respectively. In the next stage, we performed modal analyses to evaluate the first natural frequencies of the system where the amplitude of the maximum deformation is highest. Vardar et al. [7] reported that showed that the Pacinian channel was the leading psychophysical channel in charge of the detection of tactile stimuli, which was most effective at high frequencies around 250 Hz. Therefore, the first natural frequencies should be near 250 Hz so that mechanoreceptors in the fingertips can efficiently feel the vibrotactile feedback. Mode shapes and natural frequencies resulting from piezo actuators' interactions with touch surfaces were tested in three boundary conditions as given in Fig. 2. Also, different piezo patch configurations (e.g., numbers and materials), as well as the effect of the different touch surfaces and piezo materials, were investigated in our analyses.

Table 1. Material properties of the touch surface used in the simulations

Materials	Young's Modulus (GPa)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson's Ratio
Glass	76.7	2430	0.21
Gorilla Glass	73	2500	0.23
Sapphire	435	3980	0.29



Table 2. Material properties of piezo patches used in the simulations

Properties	Abbreviation	PZT-4	PZT-5A	Piezo-Ceramic
Density (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho$	7.60	7.88	7.5
Young's Modulus (GPa)	$E_{XY}$	81.3	61.0	78.6
	$E_{YZ}$	81.3	61.0	78.6
	$E_{XZ}$	64.5	53.2	62.5
Shear Modulus (GPa)	$G_{XY}$	30.6	22.6	30.0
	$G_{YZ}$	25.6	21.1	26.0
	$G_{XZ}$	25.6	21.1	26.0
Poisson's Ratio	$\nu_{XY}$	0.33	0.35	0.28
	$\nu_{YZ}$	0.43	0.38	0.45
	$\nu_{XZ}$	0.43	0.38	0.45

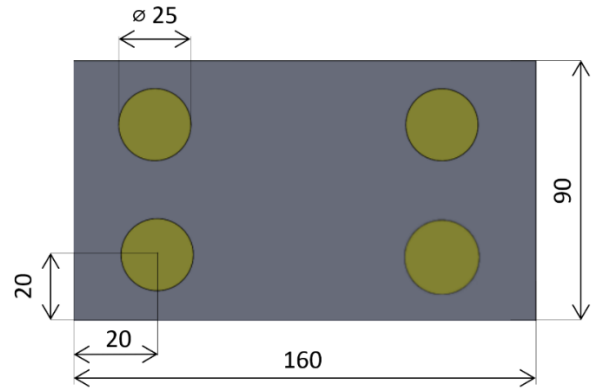


Figure 1. Design of touch surface with tactile feedback: the gray area represents the transparent touch surface, while the circles correspond to piezo patches. The unit of the dimensions is in millimeters.

## 2.2. Response Surface Optimization

The response surface methodology (RSM) investigates the relationship between input and output variables. The main aim of RSM is basically to try to get an optimal surface from the responses given in the face of independent variables [8]. Parameter selections were adjusted according to the width, height, and thickness of the touch surface in the range of tablets, laptops, and mobile phones available in the market. The optimization objective was seeking the first natural frequency of the overall body at 250 Hz while obtaining the maximum deformation on the touch surface. In this way, we can estimate the dimensions of the touch surface, providing the best configuration for the optimum human tactile perception. The upper and lower values of the touch surface's width, height, and thickness were 120-330 mm, 60-200 mm, and 0.27-0.5 mm, respectively.

## 3. Results and Discussion

### 3.1 Modal Analyses

The results of modal analyses showing the first modal frequencies of the touchscreen having different thicknesses, boundary conditions, and piezo configurations were reported in Table 3, Table 4, and Table 5, respectively. Table 3 showed that increasing the thickness of the touch surface increases the first modal frequency of the system. The effect of using different piezo patches was not significant in the results. However, using sapphire glass substrate led to about a 1.8-fold increase in the first natural frequency of the system. In Table 4, we can see that the 4-edge fixing boundary condition resulted in first natural frequencies in the vicinity of 250 Hz for glass and Gorilla Glass substrates. Table 5 shows the effect of different piezo

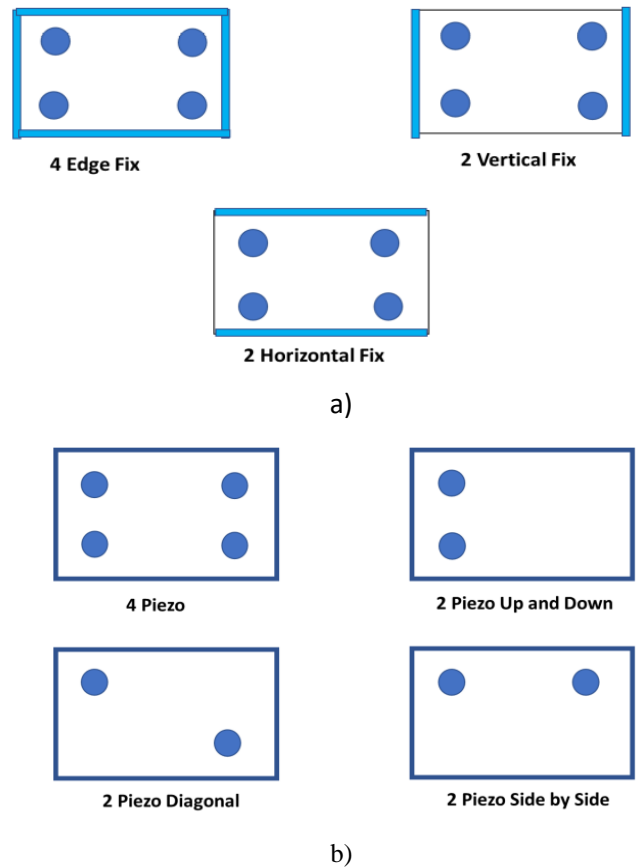


Figure 2. a) Boundary conditions of the touch surface and b) different piezo patch configurations on the touch surface.

Table 3. The first modal frequencies of the touch surface with glass, Gorilla Glass, and Sapphire substrates at different touch surface thicknesses

Touch Surface Thickness (mm)	PZT-4 (Hz)			PZT-5A (Hz)			Piezo-Ceramic (Hz)		
	Glass	Gorilla	Sapphire	Glass	Gorilla	Sapphire	Glass	Gorilla	Sapphire
0.1	88	87	150	86	85	166	88	90	155
0.3	246	255	456	245	253	457	251	259	457
0.6	483	500	903	482	498	902	487	498	903

Table 4. The first modal frequencies of the touch surface with glass, Gorilla Glass, and sapphire substrates at three different boundary conditions

Boundary conditions	PZT-4 (Hz)			PZT-5A (Hz)			Piezo-Ceramic (Hz)		
	Glass	Gorilla	Sapphire	Glass	Gorilla	Sapphire	Glass	Gorilla	Sapphire
4 Edge Fix	246	255	456	245	253	554	251	259	457
2 Vertical Fix	69	72	126	69	71	126	72	74	129
2 Horizontal Fix	195	201	378	194	201	375	205	212	388

Table 5. The first modal frequencies of the touch surface with glass, Gorilla Glass, and Sapphire substrates at the different number and locations of piezo patches

Number and Location of Piezo Patches	PZT-4 (Hz)			PZT-5A (Hz)			Piezo-Ceramic (Hz)		
	Glass	Gorilla	Sapphire	Glass	Gorilla	Sapphire	Glass	Gorilla	Sapphire
4 Piezo	246	255	456	245	258	457	251	253	457
2 Piezo Up and Down	249	254	455	249	269	458	244	259	454
2 Piezo Diagonal	246	260	455	248	253	457	245	258	459
2 Piezo Side by Side	261	261	458	254	298	459	254	258	454

configurations, such as different numbers and locations of piezo patches. The results showed that using various piezo configurations was insignificant in terms of the first modal natural frequency. These results suggested that a touch surface thickness of 0.3 mm was optimum when glass or Gorilla was selected as the touch surface substrate. It was also shown that the effect of using different piezo patch materials is not significant.

Moreover, selected piezo patch configurations (Table 5) did not lead to significantly different results in the first modal frequency. Fig. 3 showed the first mode shape deformation when four pieces of piezo-ceramic material piezo patches were fixed to 4 edges on the glass substrate. Our results are in agreement with the finding reported in the literature. Ak et al. [4] Gorilla Glass, Sapphire and Alon have selected the Gorilla Glass material as the best material by comparing the vibration modes of the touch screen materials. In our study, we also obtained the best results with a touch surface made of Gorilla Glass and glass substrates (see Table 3). Baylan et al. [2] studied the resonant frequencies of three different boundary conditions. They reported that fixing the touchscreen from four edges led to higher natural frequencies than other conditions similar to our findings (see Table 4). Sari et al. [3] observed that as the number of active piezo increases, the maximum amplitude values obtained in the experimental analysis increase. This finding is also compatible with our results reported in Table 4. We obtained the best results when four piezo patches are fixed at the corners. Although, increasing the number of piezo patches does not affect the first natural frequency of the system in Table 5, the amplitude of the deformation on the touch surface increases.

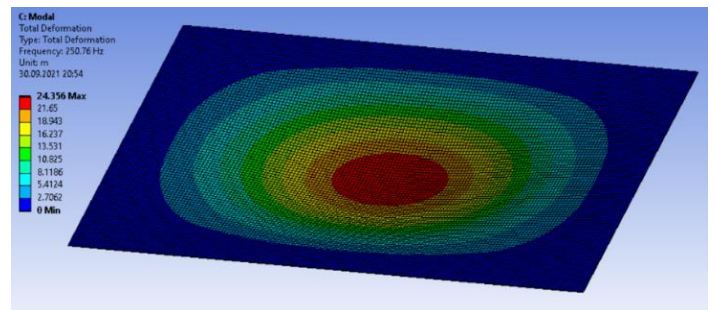


Figure 3. An exemplar figure showing the first mode shape deformation (dimension: 160×90×0.3 mm; touch surface material: glass; piezo material: piezo-ceramic)

### 3.2. Response Surface Optimization

Based on the results of the modal analyses in the previous section, the dimensions of the touch surface were optimized in the response surface optimization analyses by maximizing the maximum deformation of the touch surface while seeking 250 Hz for the first modal frequency of the system. We used four piezo-ceramic piezo patches fixed on the edges of the glass substrate since we obtained the first modal frequency results at the vicinity of 250 Hz under these conditions in the previous analyses. The maximum total deformation and first natural frequency of the system at different geometric dimensions of the touch surface are presented in Table 6. Considering the aspect ratio standards of 4:3 and 16:9 in most devices, the selection should be made by considering the obtained configuration's

aspect ratio (width/height). In this case, 160×90×0.28 mm and 190×110×0.4 mm provided a good match for 16:9 screen ratio.

Table 6. The response surface optimization analysis results show the dimensions of the touch surface (width, height, thickness) as a function of the maximum total deformation and first natural frequencies of the system.

Width (mm)	Height (mm)	Thickness (mm)	Max. Total Deformation (mm)	First Natural Frequency (Hz)
120	125	0.38	20727	253
330	125	0.38	12263	148
225	125	0.5	13202	208
170	90	0.3	23730	245
270	100	0.4	15044	241
300	200	0.27	11632	52
327	53	0.3	22409	550
160	90	0.28	24410	251
180	100	0.3	22662	187
145	110	0.5	17625	317
165	95	0.3	23403	227
217	85	0.32	21099	258
120	70	0.3	29951	426
250	140	0.3	15332	100
180	100	0.28	22662	187
160	85	0.45	16645	311
215	115	0.35	17009	172
200	84	0.32	22196	276
310	180	0.4	10394	80
190	110	0.4	17564	245

#### 4. Conclusions and Recommendations

We performed modal and response surface analyses using ANSYS to design a touchscreen providing vibrotactile haptic feedback. First, we conducted modal analyses to determine the best boundary conditions and material types of the touchscreen so that we can obtain the first modal frequency of the system at the vicinity of 250 Hz at which the optimum human vibrotactile perception is achieved. The results showed that using glass and Gorilla Glass materials as the touch surface's substrate and utilizing four piezo patches fixed on the edges resulted in the first natural frequencies closest to the desired frequency. Then, we performed an optimization study to determine the touch surface's geometry (width, height, thickness) which leads to the maximum deformation in the system while seeking 250 Hz in the first natural frequency in response surface optimization analyses. Considering the aspect ratio standards of the touchscreens, we found the best configuration with 160 x 90 x 0.28 mm and 190 × 110 x 0.4 mm dimensions. In the future study, we plan to develop models to display localized tactile feedback on touchscreen-based on running piezo patches at different combinations (i.e., sequence, amplitude, frequency) estimated by FEM simulations.

#### 5. References

[1] Basdogan, C., Giraud, F., Levesque, V., & Choi, S. (2020). s, 13(3), 450-470.

[2] Baylan, B., Aridogan, U., & Basdogan, C. (2012, June). Finite element modeling of a vibrating touch screen actuated by piezo patches for haptic feedback. In *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications* (pp. 47-57).

[3] Sari, G., Akgül, M. B., Kirişken, B., Ak, A. F., & Akiş, A. A. (2017, July). An experimental study of a piezoelectrically actuated touch screen. In *2017 8th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE)* (pp. 753-758). IEEE.

[4] Ak, A. F., Sari, G., Akgül, M. B., Kirişken, B., & Akiş, A. A. (2017, July). Numerical analysis of vibrating touch screen actuated by piezo elements. In *2017 8th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE)* (pp. 775-779). IEEE.

[5] Hudin, C., Lozada, J., & Hayward, V. (2013, April). Localized tactile stimulation by time-reversal of flexural waves: Case study with a thin sheet of glass. In *2013 World Haptics Conference (WHC)* (pp. 67-72). IEEE.

[6] Enferad, E., Giraud-Audine, C., Giraud, F., Amberg, M., & Semail, B. L. (2019). Generating controlled localized stimulations on haptic displays by modal superimposition. *Journal of Sound and Vibration*, 449, 196-213.

[7] Vardar, Y., Güçlü, B., & Basdogan, C. (2017). Effect of waveform on tactile perception by electrovibration displayed on touch screens. *IEEE transactions on haptics*, 10(4), 488-499.

[8] Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(2), 128-149.



# Zaman Serisi Tahmin Probleminin İmmün Plazma Programlama Kullanılarak Çözülmesi

Sibel Arslan\*

\* Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3626-553X), [sibelarslan@cumhuriyet.edu.tr](mailto:sibelarslan@cumhuriyet.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1010078)

**ATIF/REFERENCE:** Arslan, S., Zaman Serisi Tahmin Probleminin İmmün Plazma Programlama Kullanılarak Çözülmesi. (2021). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 219-224.

## Öz

Otomatik programlama, bir sistemde girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi model çıkararak açıklamaya çalışan bir makine öğrenmesi yaklaşımıdır. Zaman içerisinde sembolik regresyon, kümeleme, sınıflandırma, görüntü işleme, devre tasarımı, yol planlama, tahmin gibi birçok mühendislik problemlerini çözmeyi amaçlayan otomatik programlama yöntemleri geliştirilmiştir. Otomatik programlama yöntemlerinden birçoğu doğadan esinlenmektedir. Hızlı yayılan yeni Coronavirüs (COVID-19) salgınıyla mücadelede edilecek için farklı tedavi yöntemleri denenmektedir. İmmün plazma tedavisi, geçmişte birçok farklı salgında ve son olarak COVID-19'da etkili olduğu gösterilmiş tıbbi bir tedavi yöntemidir. İmmün plazma tedavi yaklaşımının uygulama aşamalarına dayanan İmmün Plazma Algoritması (Immune Plasma Algorithm, IPA) kısa süre önce önerilmiş bir meta-sezgisel algoritmadır. IPA, 2020 yılında tanıtılmış yeni bir algoritma olmasına rağmen farklı problemleri çözmek için çeşitli alanlarda uygulanmıştır. Bu çalışmada, IPA algoritmasını temel alan İmmün Plazma Programlama (Immune Plasma Programming, IPP) bir otomatik programlama yöntemi olarak tanıtılmıştır. IPP algoritmasının genel işleyişi IPA'nın aşamalarına benzerdir. Çözümlerin temsili ve iyileştirme mekanizması IPP'nin temel farklarıdır. IPA çözümleri sabit boyutlu diziler şeklinde ifade ederken, IPP çözümleri farklı derinliklere sahip olabilen parçalı ağaçlar olarak ifade eder. Ağaçların en küçük birimi düğümlerle temsil edilir. Düğümler, problemler için özel tanımlanan terminal kümesinden (x, y gibi değişkenler ve sabitler) ve fonksiyon kümesinden (aritmetik operatörler, mantıksal fonksiyonlar, matematiksel fonksiyonlar) seçilirler. Bu düğümlerin birleşimi ile çözümleri temsil eden ağaçlar oluşturulur. Çözümlerin iyileştirme mekanizması olarak Yapay Arı Koloni Programlama'da (Artificial Bee Colony Programming, ABCP) kullanılan bilgi paylaşım mekanizması IPP'ye uyarlanmıştır. Önerilen algoritmanın performansı, literatürde yaygın olarak kullanılan Box-Jenkins zaman serisi kullanılarak incelenmiştir. Çıkarılan modeller, en çok kullanılan otomatik programlama yöntemi ABCP ve Yapay Sinir Ağı modelleri ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar, IPP'nin zaman serileri tahmin problemlerinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Otomatik Programlama Yöntemleri, İmmün Plazma Algoritması, İmmün Plazma Programlama, Zaman Serileri Tahmini, Plazma Tedavisi.

## Solving the Problem of Time Series Prediction Using Immune Plasma Programming

### Abstract

Automatic programming is a machine learning approach that attempts to explain the relationship between input and output variables in a system by extracting a model. Over time, automatic programming methods have been developed that aim to solve many engineering problems, such as symbolic regression, clustering, classification, image processing, circuit design, path planning, prediction. Most of the automatic programming methods are inspired by nature. To combat the rapidly spreading new coronavirus pandemic (COVID-19), various treatment methods are being tried. Immune plasma treatment is a medical treatment method that has proven to be effective in many different pandemics in the past and most recently in COVID-19. The Immune Plasma Algorithm (IPA) is a recently proposed meta-heuristic algorithm based on the implementation steps of the immune plasma treatment approach. Although IPA is a new algorithm, introduced in 2020, it has already been used in various fields to solve different problems. In this paper, the Immune Plasma Programming (IPP) automatic programming method based on IPA algorithm is presented for the first time. The general procedure of the IPP algorithm is similar to the stages of IPA. The representation of the solutions and the improvement mechanism are the main differences between the two algorithms. IPA expresses the solutions as fixed size arrays, while IPP represents the solutions as fragmented trees that can have different depths. The smallest unit of the trees is represented by nodes. The nodes are selected from a set of terminals (variables and constants such as x, y) and a set of functions (arithmetic operators, logical functions, mathematical functions)

\* Sorumlu Yazar: [xxxx@xxx.xx.xx](mailto:xxxx@xxx.xx.xx)



defined for the problems. Solution trees are created by combining these nodes. As the improvement mechanism of the solutions, the information sharing mechanism used in Artificial Bee Colony Programming (ABCP) was adapted to IPP. The performance of the algorithm was evaluated using the Box-Jenkins time series, which is widely used in the literature. The extracted models were compared with the most commonly used automatic programming method ABCP and Artificial Neural Network (ANN) models. The results showed that IPP can be successfully applied to time series prediction problems.

**Keywords:** Automatic Programming Methods, Immune Plasma Algorithm, Immune Plasma Programming, Time Series Prediction, Plasma Treatment.

## 1. Giriş

Otomatik programlama, bir görevi yerine getirmek için gerekli bilgileri kullanarak otomatik program kodunu üreten bir bilgisayar programlama tekniğidir (Biermann, 1985). Literatürde Genetik Programlama (Genetic Programming, GP) (Koza, 1992), Karınca Programlama (Ant Programming, AP) (Roux ve Fonlupt, 2000), ABCP (Karaboğa vd., 2012), Yapay Bağışıklık Sistemi Programlama (Artificial Immune System Programming, AISP) (Johnson, 2003), Biyocoğrafya Tabanlı Programlama (Biogeography Based Programming, BBP) (Golofshani, 2015) gibi birçok otomatik programlama yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerin sembolik regresyon, öznelik seçimi, sınıflandırma, rota bulma, zaman serileri tahmini gibi birçok karmaşık problemin çözümünde kullanıldığı ve oldukça iyi sonuçlar elde ettiği görülmektedir (Karaboğa vd., 2012; Arslan vd., 2019; Sotto vd. 2016; Cano ve Krawczyk, 2019; Chen vd., 2004). Bu problemlerden zaman serileri periyodik zaman aralıklarında gözlem değerlerinin ifade edildiği diziler olarak tanımlanmaktadır. Bir zaman serisinin belirli bir andaki gözlem değeri daha önceki gözlemlerin değerlerine bağlıdır. Günümüzde iktisat, işletme, mühendislik gibi birçok multidisipliner alanda zaman serileri analizi yapılmaktadır (Akdi, 2003).

Zaman seri modelleri üç farklı sınıfta kategorize edilir: doğrusal modeller, doğrusal olmayan modeller ve her iki modelin kombinasyonunu içeren hibrit modeller (Li ve Tanaka, 2021). Serilerin giriş ve çıkış gözlem değerleri dikkate alınarak bu değerler arasında en uygun ilişkinin fonksiyonel olarak belirlenmesi model çıkarımı için gereklidir. Özellikle doğrusal olmayan ve hibrit modellerde ilgili parametrelerin, değişkenlerin en iyi kombinasyonunun belirlenmesi zaman serileri tahmininde karşılaşılan temel bir problemdir. Bu çalışmada, bu problemle başa çıkabilmek için İmmün Plazma Algoritması (IPA)'nın otomatik programlama versiyonu İmmün Plazma Programlama (Immune Plasma Programming, IPP) tanıtılmıştır. IPP ile çıkarılan modeller ile sıkça kullanılan bir test problemi olan Box-Jenkins zaman serisi tahmin edilmiş ve tahmin sonuçları sıkça kullanılan Yapay Arı Koloni Programlama (Artificial Bee Colony Programming, ABCP) ve Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network, ANN) yöntemleri ile kıyaslanmıştır.

Makalede IPP'nin tanıtılmasına Bölüm 2'de; problem tanımı, kullanılan parametreler, simülasyon sonuçlarının sunulması ve tartışılması hakkında ayrıntılı bilgiye Bölüm 3'de; sonuçlar ve gelecekteki çalışmalara Bölüm 4'de yer verilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu bölümde, bu çalışmada önerilen İmmün Plazma Programlama yöntemi anlatılmaktadır. Bu yöntem İmmün Plazma Algoritması'nı (Immune Plasma Algorithm, IPA) temel aldığı için önce bu algoritmadan bahsedilmiş, ardından IPP detaylı olarak anlatılmıştır.

### 2.1. İmmün Plazma Algoritması (Immune Plasma Algorithm, IPA)

Yarasalardan insanlara bulaşan yeni koronavirüs hastalığı (COVID-19), ilk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan Eyaleti'nde görülmüştür (Casella vd., 2020). Virüsün 7 Ocak 2020'de tanımlanmasının ardından Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) 11 Mart 2020'de COVID-19'u küresel bir salgın olarak ilan etmiştir (Huang vd., 2020). Bu salgınla mücadele edebilmek için farklı tedavi yöntemleri denenmektedir. İmmün plazma tedavisinde, daha önce iyileşen hastalardan alınan kanın bağışıklık cevabı üreten antikorlardan zengin kısmının hastaya nakledilerek hastanın iyileşmesi amaçlanır. Tedavinin iyileştirme başarısı H1N1 gribi, MERS, SARS, Ebola ve son olarak COVID-19 salgınlarında kanıtlanmıştır. Aslan ve Demirci, COVID-19 salgını ile birlikte uygulama sıklığı artan immün plazma tedavisi yaklaşımının temel özelliklerinden faydalanarak, IPA'yı tanıtmışlardır. Çalışmadaki deneylerde, IPA algoritması ile klasik, yüksek boyutlu test problemleri, karmaşık kıyaslama ve mühendislik problemleri çözülmüştür. Algoritma Genetik Algoritma (Genetic Algorithm, GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization, PSO), Diferansiyel Gelişim (Differential Evolution, DE), Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony, ABC) gibi birçok iyi bilinen meta sezgisel algoritma karşısında başarılı sonuçlar üretmiştir (Aslan ve Demirci, 2020). Bu çalışmada IPA'nın otomatik programlama versiyonu olarak IPP yöntemi önerilmiş ve zaman serisi tahmin probleminde bilinen mevcut yöntemlere göre performansı değerlendirilmiştir.

IPA'da, immün plazma tedavisinin uygulama aşamalarını bir meta-sezgisel algoritmaya uyarlanarak algoritmanın araştırma ve çözümleri geliştirme kabiliyetini arttırmak hedeflenmiştir. Algoritma tasarımında, enfeksiyonun bireyler arasında yayılması algoritmanın araştırma; plazma transferi çözümleri geliştirme aşamalarına benzetilmiştir. IPA, popülasyon temelli bir algoritmadır. Algoritmada popülasyondaki her bir birey problemin olası çözümünü, bireylerin ürettiği antikor miktarı çözümün kalitesini temsil eder. Bir bireyin ürettiği antikor miktarı ne kadar yüksekse çözümün kalitesi o kadar fazladır. Başka bir deyişle, amaç fonksiyonu o kadar iyi bir çözüm elde etmiştir (Aslan ve Demirci, 2020). IPA'da problemin olası çözümleri, karar değişkenleri için önerilen değerleri taşıyan ve araştırma boyunca boyutu sabit kalan dizilerle temsil edilir.

IPA'nın temel algoritmik yapısı ve aşamaları aşağıda verilmiştir.

Başlangıç aşaması

**REPEAT**

Enfeksiyonun yayılma fazı

Plazma transferi fazı

Donörlerin bağışıklık hafızasının kontrolü fazı

**UNTIL** (durdurma kriteri sağlanıncaya kadar)

**Başlangıç aşaması:** Bu aşamada her bir birey için başlangıç çözümleri belirlenir.  $D$  boyutlu bir problem için  $x_k$  çözümünün  $j$ 'nci boyut karar değişkeni için ataması Eşitlik (1) ile yapılır.

$$x_{kj} = x_j^{\min} + \text{rand}(0,1)(x_j^{\max} - x_j^{\min}) \quad (1)$$

Burada  $x_j^{\max}$  ve  $x_j^{\min}$  sırasıyla  $j$ 'inci boyutun alabileceği en büyük ve en küçük değerleri ve  $\text{rand}(0,1)$  0 ile 1 arasında normal dağılıma uygun olarak rastgele üretilmiş sayıyı göstermektedir. Oluşturulan bu çözümlerin bağışıklık cevabı/kalitesi amaç fonksiyonu ile değerlendirilmektedir.

**Enfeksiyonun yayılma fazı:** IPA'da, enfeksiyonun bireyler arasında yayılması algoritmanın araştırma alanını arttırmak için kullanılmıştır. Hasta bireyler, enfeksiyon etkenini doğrudan veya dolaylı yolla bulaştırabilir. Enfekte olmuş bireyin bağışıklık sistemi, o enfeksiyona karşı korumak için özel bir bağışıklık cevabı geliştirir. Popülasyonda enfeksiyonun bireyler arasında yayılması Eşitlik (2) ile gerçekleştirilir.

$$x_{kj}^{\text{inf}} = x_{kj} + \text{rand}(-1,1)(x_{kj} - x_{mj}) \quad (2)$$

$x_k$  bireyinin enfeksiyon öncesinde  $j$ 'nci boyutunun değeri  $x_{kj}$  ile gösterilirken;  $x_{kj}^{\text{inf}}$ , enfekte olan  $x_k$  bireyinin  $j$ 'nci boyutunu ifade etmektedir.  $x_{mj}$ ,  $x_k$  bireyi dışında popülasyondan rastgele seçilen  $x_m$  bireyinin  $j$ 'nci boyutunun değeridir.  $\text{rand}(-1,1)$  ise -1 ile 1 aralığında rastgele üretilen bir sayıdır. Enfeksiyonun yayılmasından sonra, enfekte olmuş birey ( $x_k^{\text{inf}}$ ) ile enfeksiyon öncesindeki birey ( $x_k$ ) arasında bağışıklık cevapları dikkate alınarak aç gözlü seleksiyon uygulanmaktadır. Böylelikle bağışıklık cevabı yüksek olan birey popülasyonda korunmaktadır. (Aslan ve Demirci, 2021). Bu fazda, popülasyondaki her bir birey enfekte edilerek bağışık cevabının iyileştirilmesi amaçlanır.

**Plazma transferi fazı:** Enfeksiyonun yayılma fazından sonra IPA, bağışıklık cevabı en yüksek olan bireyleri donör, en kötü bireyleri alıcı olarak tayin eder. Algoritma başlangıcında, donör bireylerin sayısı ( $NoD$ , Number of Donors), alıcı bireylerin sayısı ( $NoR$ , Number of Receivers) sabit olarak belirlenir. Böylelikle bağışıklık cevabı en iyi toplam  $NoD$  bireyi donör, bağışıklık cevabı en kötü toplam  $NoR$  bireyi alıcı seçilmiş olunur. Bu fazda her bir alıcı bireye, toplam  $NoD$  donör arasından rasgele seçilen bir donör ile plazma transferi gerçekleştirilir.  $k$  indisi  $\{1, \dots, NoR\}$  kümesinden sırayla seçilen bir alıcı olmak üzere,  $x_k^{\text{rcv}}$  alıcı bireyine  $NoD$  donör arasından rastgele seçilen  $x_m^{\text{dnr}}$  donörüne ait plazmanın transferi Eşitlik (3) ile ifade edilmiştir.

$$x_{kj}^{\text{rcv-p}} = x_{kj}^{\text{rcv}} + \text{rand}(-1,1)(x_{kj}^{\text{rcv}} - x_{mj}^{\text{dnr}}) \quad (3)$$

Burada,  $x_k^{\text{rcv}}$  bireyinin plazma transferi öncesi  $j$ 'inci boyutunun değeri  $x_{kj}^{\text{rcv}}$ ,  $x_m^{\text{dnr}}$  donörünün  $j$ 'inci boyutunun değeri  $x_{mj}^{\text{dnr}}$  ile ifade edilmektedir. İlk doz plazma transferinden sonra, plazma transfer edilmiş birey ( $x_k^{\text{rcv-p}}$ ) ile donörü ( $x_m^{\text{dnr}}$ ) arasında açgözlü seçim uygulanır. Eğer  $x_k^{\text{rcv-p}}$ 'nin bağışıklık cevabı,  $x_m^{\text{dnr}}$ 'den daha iyiyse transfer edilmemiş bireyin ( $x_k^{\text{rcv}}$ ) yerine transfer edilmiş birey  $x_k^{\text{rcv-p}}$  geçirilir ve bir doz daha plazma transferi gerçekleştirilir (Aslan ve Demirci, 2020). Aksi durumda bireye plazma transferi yapıldığı için  $x_k^{\text{rcv}}$  yerine donörü  $x_m^{\text{dnr}}$  geçirilir ve transfer sonlandırılır. İkinci, üçüncü... n'inci doz plazma transferi de Eşitlik (3) ile gerçekleştirilir. Ancak bu transferler sonrası, transfer tedavisinin sonlandırma kararı  $x_k^{\text{rcv-p}}$  ile  $x_k^{\text{rcv}}$  arasında açgözlü seçim ile verilir. Eğer  $x_k^{\text{rcv-p}}$  bireyinin bağışıklık cevabı  $x_k^{\text{rcv}}$  bireyinin bağışıklık cevabında daha kötü olursa plazma tedavisi tamamlanır. Diğer durumda  $x_k^{\text{rcv}}$  yerine  $x_k^{\text{rcv-p}}$  bireyi geçirilir ve bir doz daha plazma transferi uygulanır.

### Donörlerin bağışıklık hafızasının kontrolü fazı:

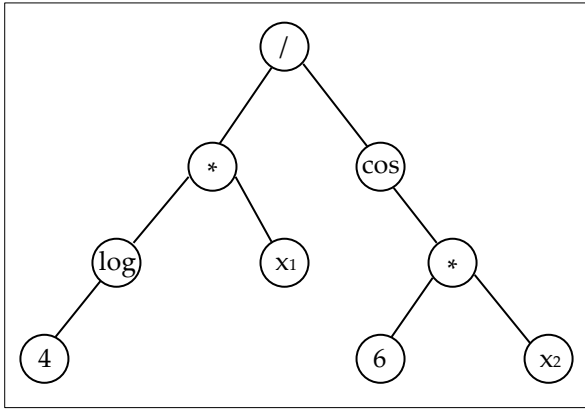
Popülasyonda donör olarak seçilen bireylerin bir enfeksiyona karşı verdiği bağışıklık cevabı zamanla değişebilir. Donörlerin bağışıklık cevabının zamana bağlı değişimi, değerlendirme sayısının ( $t_c$ ) toplam değerlendirme sayısına ( $t_{max}$ ) oranından faydalanılarak değerlendirilir. Eğer, toplam  $NoD$  donörün her bir  $x_m^{\text{dnr}}$  için belirlenen ( $t_c/t_{max}$ ) değeri 0 ile 1 arasında rastgele belirlenen sayıdan küçük ise  $x_m^{\text{dnr}}$  bireyi tamamen değiştirilir. Diğer durumda ise Eşitlik (4) kullanılarak  $x_m^{\text{dnr}}$  bireyinin her  $j$  boyutu güncellenerek bağışıklık hafızası kontrol edilir (Aslan ve Demirci, 2020).

$$x_{mj}^{\text{dnr}} = x_{mj}^{\text{dnr}} + \text{rand}(-1,1)x_{mj}^{\text{dnr}} \quad (4)$$

## 2.2. İmmün Plazma Programlama (Immune Plasma Programming, IPP)

IPP, IPA algoritmasına dayanan yüksek seviyeli otomatik programlama metodu olarak önerilmiştir. IPP algoritması için temel aşamalar IPA'nın aşamalarına benzerdir ve aynı anolojiyi kullanmaktadır. İki algoritma arasında en temel farklılık bireylerin temsilinde IPA çözümleri sabit boyutlu diziler şeklinde ifade ederken, IPP çözümleri parçalı ağaçlar olarak ifade eder. IPP'de her parçalı ağaç, sistemin bağımsız değişkenleri ile bağımlı değişkeni arasında en uygun fonksiyonel ilişkiyi belirlemeye çalışır. Ağaçların en küçük birimine düğüm denir. Düğümler, problemler için özel olarak tanımlanmış terminal kümesi ( $x, y$  gibi değişkenler ve sabitler) ve fonksiyon kümesi (aritmetik operatörler, mantıksal ve matematiksel fonksiyonlar) arasından seçilir. Şekil 1 IPP için örnek bir çözümü göstermektedir. Çözümün değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkisi ise Eşitlik (5) ile verilmiştir. Bu gösterimlerde bağımsız değişkenler  $x_1, x_2$ , bağımlı değişken  $f(x_1, x_2)$  sembolleri ile temsil edilmiştir.

IPP algoritmasında, IPA'dan farklı olarak parçalı ağaçların üretilmesinde kullanılan "ramped half and half" metodu kullanılmıştır. "Ramped half and half" metodu, otomatik programlama yöntemlerinde çözümlerin üretilmesinde kullanılan yöntemlerdendir ve detaylarına (Koza, 1992)'dan ulaşılabilir. IPA'da çözümlerin gösterimi sabit boyutlu dizilerle gerçekleştirildiği için algoritmada enfeksiyonun yayılma, plazma transferi ve donörlerin bağışıklık hafızasının kontrolü fazlarında kullanılan eşitlikler doğrudan kullanılamamaktadır. IPP'de yapılan diğer temel farklılık, iyileştirme mekanizması olarak adlandırılan ve bu fazlardaki eşitlikler yerine kullanılan mekanizma üzerindedir. İyileştirme mekanizması, ABCP'de kullanılan bilgi paylaşım mekanizmasının (Karaboğa vd., 2012) uyarlamasıdır. Bu mekanizma Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2a ve 2b'de sırasıyla alıcı ( $x_k^{\text{rcv}}$ ) ve donör ( $x_m^{\text{dnr}}$ ) gösterilmiştir, donörden alınan bilgi (c)'de ve plazma transfer edilmiş birey aday çözüm ( $x_k^{\text{rcv-p}}$ )'de verilmiştir. Algoritmada, Eşitlik (2), (3) ve (4) yerine eşitliklerdeki ilgili bireyler iyileştirme mekanizmasında kullanılarak fazlar gerçekleştirilmiştir.



$$f(x_1, x_2) = \frac{\log(4)x_1}{\cos(6x_2)} \quad (5)$$

Şekil 1. IPP'de çözümlerin ağaç yapısı ile temsili

Otomatik programlama yöntemlerinde çözümler değerlendirildiğinde, bazı durumlarda ağaçlarda karşılaşılabilecek sifra bölme hatası veya ağaçtaki bir değer veri tipinin alabileceği maksimum değerden yüksek bir değer alma hatası gibi bir durumda Koza (Koza, 1992) ilgili ağaca uygun bir sayısal değer atanarak algoritmanın çalışmasına devam edebileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada söz konusu hatalarla karşılaşıldığında alt ağaçlara uygun sayısal değerler atanmıştır.

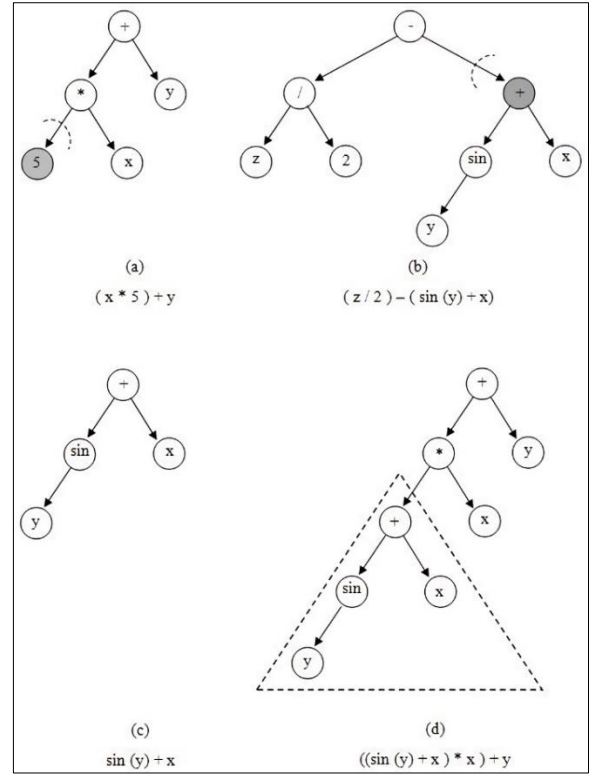
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Zaman serileri, bağımlı değişkenlerin kronolojik sırayla ifade edildiği değişkenlerdir. Bu çalışmada gerçek hayat problemlerinden Box-Jenkins zaman serisi tahmin problemi üzerinde IPP yönteminin performansı değerlendirilmiştir.

#### 3.1. Problem Tanımı ve Deneylerde Kullanılan Parametre Değerleri

Box-Jenkins zaman serisi, literatürde test amaçlı kullanılan ve metan-hava karışımının yanma işlemi doğalgaz ile çalışan ısıtma sisteminin verilerinden oluşan 290 örneklilik bir veri setidir (Box ve Jenkins, 1970). Veri setinde girişler  $u(t)$  ve  $y(t-1)$ ; çıkış  $y(t)$  ile ifade edilmiştir. IPP ile girişler ve çıkış arasında fonksiyonel ilişkiyi belirleyip en az hata ile çıkış tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veri setindeki 290 örnekten 200'ü eğitim, 90'ı test için kullanılmıştır. Önerilen yöntemin performansı (Görkemli vd., 2012) ile değerlendirildiğinden, adil bir karşılaştırma olması için (Görkemli vd., 2012)'daki aynı parametre değerleri kullanılmış ve bu değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Koşmalarda kullanılan *sqr* fonksiyonu, bir sayının karesini ve bölme fonksiyonu, korumalı fonksiyonunu temsil eder. Korumalı



Şekil 2. IPP iyileştirme mekanizması

fonksiyonda bölen değeri 0'a eşitse, sonuca 1 değeri atanır, aksi takdirde normal bölme gerçekleştirilir. Bu problem için farklı donör sayıları ve alıcı sayıları ile yapılan deneylerde en başarılı donör/alıcı sayısı 1 olarak belirlenmiştir. Çalışma 30 kez bağımsız koşurulmuştur. Koşmalarda (Görkemli vd., 2012)'da kullanılan amaç fonksiyonu Ortalama Hatanın Karesi (Mean Square Error, MSE) Eşitlik (6)'da verilmiştir. Burada  $y_{actual}$  tahmin edilen çıkışın gerçek değerini,  $y_{pred}$  çözümün ürettiği tahmin değerini temsil etmektedir.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (y_{actual} - y_{pred})^2 \quad (6)$$

#### 3.2. Simülasyon Sonuçları ve Tartışmalar

Koşmalarda elde edilen modellerin ortalaması, standart sapması (Görkemli vd., 2012)'daki sonuçlar ile birlikte Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'deki sonuçlar değerlendirildiğinde IPP'nin eğitim verisinde ABCP ve YSA modelinden daha iyi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte testte ABCP yöntemi en başarılı modeli çıkarmıştır. IPP için en iyi sonucu veren çözümün yakınsama grafikleri Şekil 3 ve Şekil 4'de sunulmuştur.

Şekil 3 ve Şekil 4'deki grafikler incelendiğinde hem eğitim ve hem test verisinde gerçek ve tahmini serinin birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. 30 koşma sonucunda elde edilen en iyi modelin denklemi Eşitlik (7)'de verilmiştir. Karmaşık bir zaman serisi eğrisi için Eşitlik (7) analiz edildiğinde, ikinci dereceden nonlineer bir model olduğu ve özellikle eğitim verisi tahmininde oldukça başarılı olduğu değerlendirilmiştir.

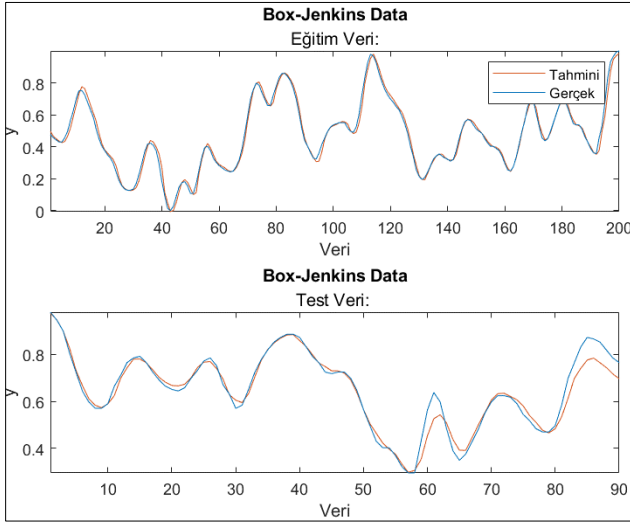
$$(2y(t-1) - u(t))(u(t) - u(t)^2 + 4.857)0.06998 + 0.3229 \quad (7)$$

Tablo 1. Parametre Değerleri

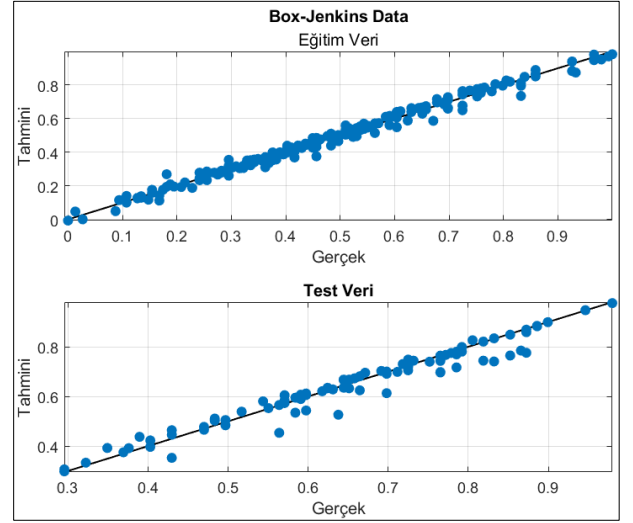
IPP		ABCP	
Parametre	Değer	Parametre	Değer
Popülasyon büyüklüğü	300	Koloni büyüklüğü	300
Değerlendirme sayısı	10,000	Değerlendirme sayısı	10,000
Maksimum ağaç derinliği	4	Maksimum ağaç derinliği	4
Fonksiyon kümesi	+, -, *, /, sqr	Fonksiyon kümesi	+, -, *, /, sqr
Donör Sayısı (NoD)	1	Limit	300
Alıcı Sayısı (NoR)	1		

Tablo 2. IPP'nin ABCP ve Yapay Sinir Ağ Modeli ile kıyaslanması

	IPP		ABCP (Görkemli vd., 2012)		Yapay Sinir Ağ Modeli (Görkemli vd., 2012)	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Ortalama	<b>0,000391</b>	0,002755	0,000576	<b>0,000022</b>	0,006626	0,010572
Standart Sapma	<b>0,000004</b>	0,009493	0,002658	<b>0,000360</b>	0,000029	0,000711
En İyi	0,000383	0,002667	-		-	



Şekil 3. Box-Jenkins zaman serisinde IPP en iyi modelinin yakınsama grafiği



Şekil 4. Box-Jenkins zaman serisinde IPP en iyi modelinin tahmini ve gerçek veri noktaları arasındaki ilişki

## 4. Sonuç

Bu çalışmada İmmün Plazma Algoritması'nı temel alan yeni bir otomatik programlama yöntemi İmmün Plazma Programlama tanıtılmıştır. Yöntemin performansı, Box-Jenkins zaman serisi tahmin problemi üzerinde incelenmiştir. Deneyler, IPP ile çıkarılan modellerin tahmini çıkış değerlerinin gerçek değerlere oldukça yakın olduğunu göstermektedir. IPA'nın literatürde yaygın olarak kullanılan meta-sezgisel algoritmalara kıyasla, farklı türlerde optimizasyon problemleri için daha iyi çözümler elde etme yeteneğine sahip olduğu değerlendirilmiştir (Aslan ve Demirci, 2020). Bu yüzden, IPP'nin mevcut yöntemlere göre IPA gibi başarılı sonuçlar elde edeceği düşünülmekte ve IPP'nin literatürde yer alan birçok problemde kullanılabilirliği düşünülmektedir. Gelecekteki çalışmalarda, farklı disiplinlerde problemler çözmek için IPP'nin kullanılması ve yeni düzenlemeler getirilerek IPP'nin performansının iyileştirilmesi üzerine çalışma yapılması planlanmaktadır.

## 5. Teşekkür

Bu çalışmanın yürütülmesinde destek veren kıymetli meslektaşlarım Dr. Öğretim Üyesi Fırat İsmailoğlu'na ve Begüm Yetişkin'e saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

## Kaynakça

- Akdi, Y. (2003). Zaman Serileri Analizi.
- Arslan, S., & Öztürk, C., (2019). Multi Hive Artificial Bee Colony Programming for high dimensional symbolic regression with feature selection. APPLIED SOFT COMPUTING, vol.78, 515-527.
- Aslan, S., & Demirci, S. (2020). Immune Plasma Algorithm: A Novel Meta-Heuristic for Optimization Problems. IEEE Access, 8, 220227-220245. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3043174>
- Aslan, S., & Demirci, S. (2021). Performance Investigation of Parallel Immune Plasma Algorithm. İçinde 2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA). 2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and



- Applications (INISTA). IEEE.  
<https://doi.org/10.1109/inista52262.2021.9548547>
- Biermann, A. W. (1985). Automatic programming: A tutorial on formal methodologies. *Journal of Symbolic Computation*, 1(2), 119-142. [https://doi.org/10.1016/s0747-7171\(85\)80010-9](https://doi.org/10.1016/s0747-7171(85)80010-9)
- Box, G., Jenkins, G. (1970). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden Day, San Francisco.
- Cano, A., & Krawczyk, B. (2019). Evolving rule-based classifiers with genetic programming on GPUs for drifting data streams. *Pattern Recognition*, 87, 248-268. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2018.10.024>
- Cascella M., Rajnik M., Cuomo A., Dulebohn, S. C., & Napoli R. D. (2020). Features, evaluation and treatment coronavirus (COVID-19). *StatPearls* [Internet], Stat Pearls Publishing.
- Chen, Y., Yang, B., & Dong, J. (2004). *Evolving Flexible Neural Networks Using Ant Programming and PSO Algorithm*. İçinde *Advances in Neural Networks – ISNN 2004* (ss. 211-216). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-28647-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-540-28647-9_36)
- Golafshani, E. M. (2015). Introduction of Biogeography-Based Programming as a new algorithm for solving problems. *Applied Mathematics and Computation*, 270, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.08.026>
- Görkemli, B., Öztürk, C., & Karaboğa, D. (2012). Yapay Arı Kolonisi Programlama ile Sistem Modelleme. *Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi 2012 Ulusal Toplantısı (TOK2012)*. 857-860. Niğde, Turkey.
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., ... Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, 395(10223), 497-506. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30183-5)
- Johnson, C. G. (2003). *Artificial Immune System Programming for Symbolic Regression*. *Lecture Notes in Computer Science*, 345-353. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-36599-0\\_32](https://doi.org/10.1007/3-540-36599-0_32)
- Karaboğa, D., Öztürk, C., Karaboğa, N., & Görkemli, B. (2012). Artificial bee colony programming for symbolic regression, *Information Sciences*, 209, 1–15.
- Koza, J.R. (1992). *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, Cambridge: MIT Press.
- Li, Z. & Tanaka, G. (2021). Multi-Reservoir Echo State Networks with Sequence Resampling for Nonlinear Time-Series Prediction. *Neurocomputing*.
- Roux, O., Fonlupt, C. (2000). Ant programming: or how to use ants for automatic programming, in *2nd International Workshop on Ant Algorithms (ANTS'2000)*, 121–129. Brussels, Belgium.
- Sotto, L. F. D. P., de Melo, V. V., & Basgalupp, M. P. (2016). An improved  $\lambda$ -linear genetic programming evaluated in solving the Santa Fe ant trail problem. *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing. SAC 2016: Symposium on Applied Computing*. <https://doi.org/10.1145/2851613.2851669>



# Design and Implementation of Prototype for Portable and Wireless EEG Device

Hasan Bitar<sup>1</sup>, Cengiz Tepe<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3190-2034), [hasan4academic@gmail.com](mailto:hasan4academic@gmail.com)

<sup>2\*</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical- Electronics Engineering, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4065-5207), [cengiztepe1@gmail.com](mailto:cengiztepe1@gmail.com)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1016694)

**ATIF/REFERENCE:** Bitar, H., & Tepe, C. (2021). Design and Implementation of Prototype for Portable and Wireless EEG Device. *European Journal of Science and Technology*, (29), 225-230.

## Abstract

Electroencephalography (EEG) measurement system is used in the health field for the diagnosis of some diseases, and the improvement of the learning process. In this study, an embedded system consisting of two parts, hardware and software has been designed and implemented for processing and displaying the EEG signal. In the hardware section, electronic circuit design and implementation are provided for measuring, amplifying, filtering, extracting EEG rhythms, and wirelessly transmitting the EEG signal. In the software section, a smartphone application interface is developed for that the measured raw EEG signal and rhythms can be displayed in real-time.

**Keywords:** EEG, Portable EEG device, Wireless data transmission, EEG signal monitoring system.

## Taşınabilir ve Kablosuz EEG Cihazı Prototipi Tasarımı ve Gerçekleşmesi

### Öz

Elektroensefalografi (EEG) ölçüm sistemi, sağlık alanında bazı hastalıkların teşhisinde ve öğrenme sürecinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada EEG işaretinin işlenmesi ve görüntülenmesi için donanım ve yazılım olmak üzere iki bölümden oluşan bir gömülü sistem tasarımı ve gerçekleşmesi yapılmıştır. Donanım bölümünde EEG işaretinin ölçülmesi, yükseltilmesi, süzgeçlenmesi, ritimlerinin çıkarılması ve kablosuz olarak gönderilmesi için elektronik devre tasarımı ve gerçekleşmesi sağlanmıştır. Yazılım bölümünde ise ölçülen ham EEG işaretinin ve ritimleri gerçek zamanlı görüntülenmesi için akıllı cep telefonu uygulaması yerli arayüzü yazılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** EEG, Taşınabilir EEG cihazı, Kablosuz veri aktarımı, EEG işareti görüntüleme sistemi.

\* Corresponding Author: [cengiztepe1@gmail.com](mailto:cengiztepe1@gmail.com)

# 1. Introduction

Due to the rhythmic behavior of neurons in the human cerebral cortex, electrical potential changes in the cerebral cortex can be detected by electrodes placed on the scalp, and the EEG signal is obtained from the measurement of these changes. The EEG signal can be used in the field of health for the diagnosis of insomnia, brain death, coma cases, and some diseases such as epilepsy, in various fields such as educational processes by examining the level of attention in the learning process, and Biomedical engineering applications (Ni et al., 2020; Şahin, 2015).

In the past, because of the large size and cost of EEG devices, patients had to go to hospitals in cities to record their EEG signals. Efforts have been made to reduce the size of the EEG device and to use it in wider fields. In the studies in the literature, portable EEG signal acquisition systems are mostly designed to be wired and the acquired signal can be transmitted to the computer via the serial port (Engin et al., 2007; Şahin, 2015). In the other study, a portable wireless EEG recording system was designed and implemented. However, in the wireless section, a Zigbee module is used and the information is sent to the computer (Chen and Wang, 2011). In some studies, instrumentation hardware and software of an EEG-based brain-computer interface (BCI) has been implemented (Bueno et al., 2013; Günaydın, 2010). In many studies, EEG kits or devices have been used as hardware part (Song et al., 2012). Some studies have developed a system for analyzing EEG signals, but they haven't extracted EEG rhythms (EL Menshawy et al., 2015). In another study, Python programming language and Labview program were used to implement an 8-channel EEG measuring device and to process the received EEG signal in the computer environment by software (Balım, 2018).

In this study, an embedded system processes and displays EEG signals is designed and implemented. This system consists of two parts, hardware and software. In the hardware part, instrumentation amplification, filtering, main amplification, and conversion analog signal to digital process is handled by the STM32F103 microcontroller. In addition at this stage, five signals are obtained from the raw EEG signal acquired, which are EEG frequency sub-bands Alpha, Beta, Delta, Gamma, and Theta signals. The next step is wirelessly transmitting to a smartphone that can be connected to this system via the Bluetooth module. In the software section, a smartphone application's interface is developed and the raw state of the EEG signal and frequency sub-bands are displayed in real-time through this interface.

The designed prototype is a portable, cost-effective, wireless EEG device that transmits the EEG signal and has a unique mobile application to display it.

# 2. Material and Method

In this study the parts of the design of the system as can be seen in Figure 1, first in the hardware part, EEG signal is acquired then filtering the signal, converting it from analog to digital, after that processing it and transferring it to the smartphone wirelessly via the Bluetooth unit. The second part is about software, this part contains a smartphone application interface for displaying the transmitted EEG signal.

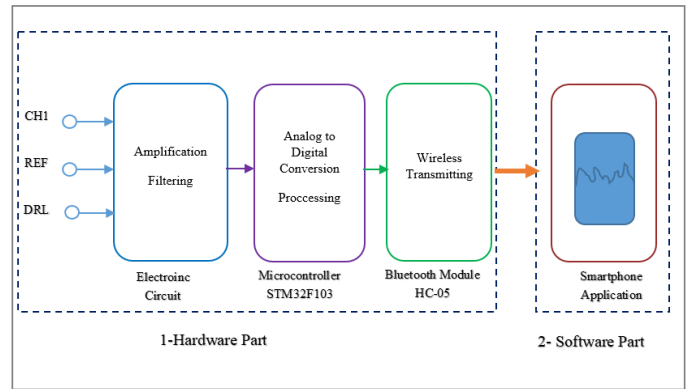


Figure 1. Block diagram of the designed EEG system

## 2.1. Hardware Architecture of the System

The amplitude of the EEG signal is very low and noisy, usually affected by the power line noise, Electromyography (EMG), and Electrocardiography (ECG) signals (Thenappan et al., 2021). For this reason, the EEG signal must be amplified to be measured, then filtered, and the amplifier to be used for this application must have important features. First, the amplifier is selective to the biological signal. It also blocks superimposed noise and interference signals. Second, it provides protection for both the person and the electronic equipment from damage through voltage and current surges (Bronzino, 2006). Considering these features, the hardware part of the system has been prepared. Figure 2, shows the hardware part block diagram.

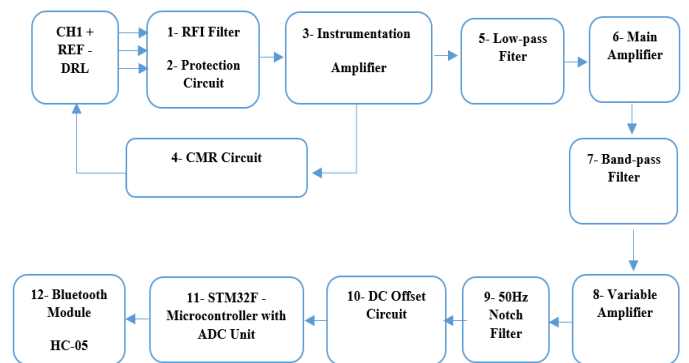


Figure 2. Block diagram of the hardware architecture of the system

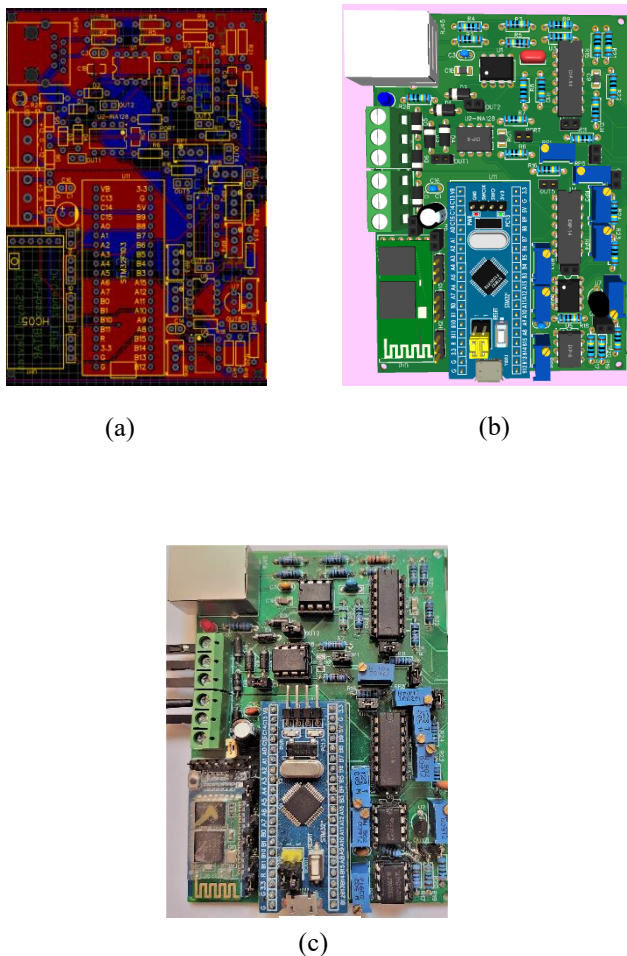
In this design, three electrodes made of silver chloride (AgCl) material are used. The EEG signal is acquired with two bipolar AgCl electrodes, which are connected to CH1+ and REF- terminals, the third electrode is connected to the driven-right-leg DRL terminal for the common-mode rejection (CMR). The detected signal by AgCl electrodes is first passed through a radio frequency interference (RFI) filter and protection circuit. The next major step is amplifying signal amplitude approximately 13.5 times with an instrumentation differential amplifier. The purpose of the CMR circuit is to minimize the effect of unwanted common-mode signals such as 50Hz frequency signal and noise signal. In the next step, the DC Offset coefficient is filtered by a low-pass filter with a cutoff frequency of 0.1Hz. The power of the signal is increased by about 51 times by the second main amplifier. Then, a 0.23 - 102.43 Hz band-pass filter was used. This filter minimizes DC interference and baseline

drift. The gain of the third amplifier can be adjusted as desired. In the next step, the EEG signal is passed through the 50Hz notch filter circuit (Zhang et al., 2013). After that, the negative values of the filtered analog signal are shifted to the positive direction with the DC Offset circuit in order to be read by the microcontroller. Finally, the analog-digital converter (ADC) unit of the STM32F103 microcontroller is used to convert the signal from analog to digital. The EEG signal is processed by this microcontroller and separated into Alpha, Beta, Gamma, Delta, and Theta rhythms. After processing, it is sent to the smartphone using the Bluetooth module HC-05 via the serial port.

The PCB layout, three-dimensional image, and physical final state of the two-layer printed circuit of the electronic circuit that performs the operations mentioned in this section are shown in Figure 3.

Table 1. EEG rhythms and frequency sub-bands

Rhythm	Frequency Sub-band [Hz]
Delta	1 - 4
Theta	4 - 8
Alpha	8 - 13
Beta	13 - 30
Gamma	> 30



During the processing of the EEG signal by the microcontroller, digital Butterworth bandpass filters type are applied to decompose the EEG signal into frequency sub-bands. The advantage that prompted us to choose a Butterworth filter is its flat response and no ripple. EEG rhythms and frequency sub-bands are indicated in Table 1 (Kropotov, 2009).

Finally, the processed signal is transmitted via the serial port of the microcontroller. The baud rate is set to 115,200 bit/sec in order to provide fast signal transmission via the Bluetooth module which is connected to the serial port. The signal sent from the Bluetooth module can be received by a smartphone that has a Bluetooth feature.

## 2.2. Software Part of The System

In this section, a smartphone application interface has been developed. Two screenshots of the interface of the developed application are shown in Figure 4.

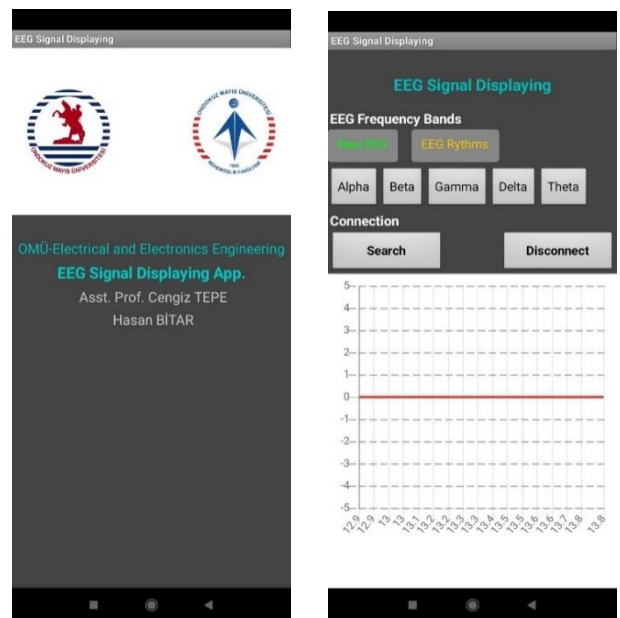


Figure 4. The developed application's interface

In this interface, the EEG signal sent from the hardware unit via the Bluetooth module, the raw state, or one of the five frequency sub-bands of the EEG signal defined in Section 2.1 can be displayed.

Figure 3. (a) PCB layout of the designed electronic circuit, (b) 3D image, and (c) physically implemented printed circuit



Figure 5. shows a flowchart of the algorithm implemented in this section. In order to pair with the HC-05 Bluetooth module first, the HC-05 option is selected from the menu that appears by pressing the search button in the interface. After confirming that the connection is complete, the raw EEG signal is requested from the microcontroller by default, after that, we can choose the signal type from the interface and select a frequency sub-band for the EEG signal. Then data from the microcontroller is added to a matrix. After that, the data is converted to corresponding voltages, in volts. Finally, the EEG signal amplitude values, in volts, are plotted on the vertical axis of the graph and time values in milliseconds are plotted on the horizontal axis of the graph.

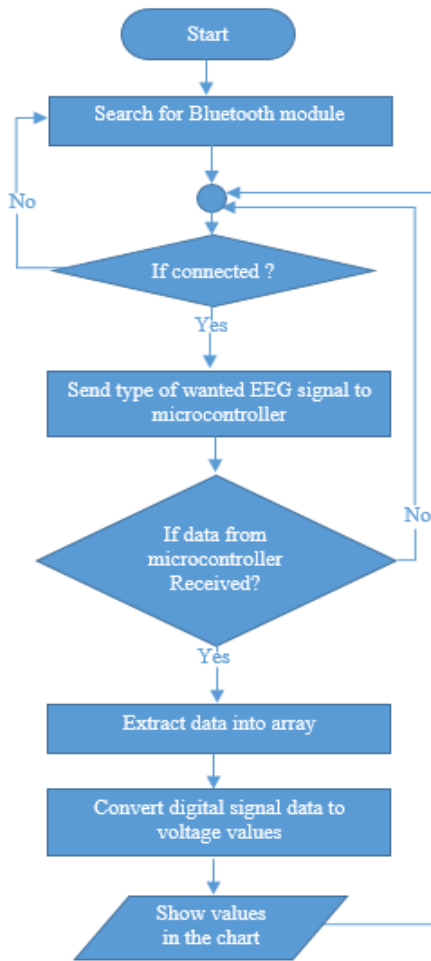


Figure 5. Flow chart of smartphone software algorithm

### 3. Results and Discussion

In order to test the prototype of the EEG device designed in this study, three electrodes that can be connected to the circuit were placed, according to the (10-20 Electrode Placement System), CH1+ electrode in FP1 place, REF- and DRL electrodes in A1 and A2 places respectively. The smartphone application, developed to show the raw state of the EEG signal and frequency sub-bands, has been installed. The desired signal type is selected from the application's interface. As a result, the raw EEG signal or one of the rhythms is shown on the graph in the interface.

The results of the experiment are shown in Figure 6 and Figure 7. Screenshots showing the raw EEG signal and rhythms Alpha, Beta, Delta, Gamma, and Theta graphics were added from the developed interface.

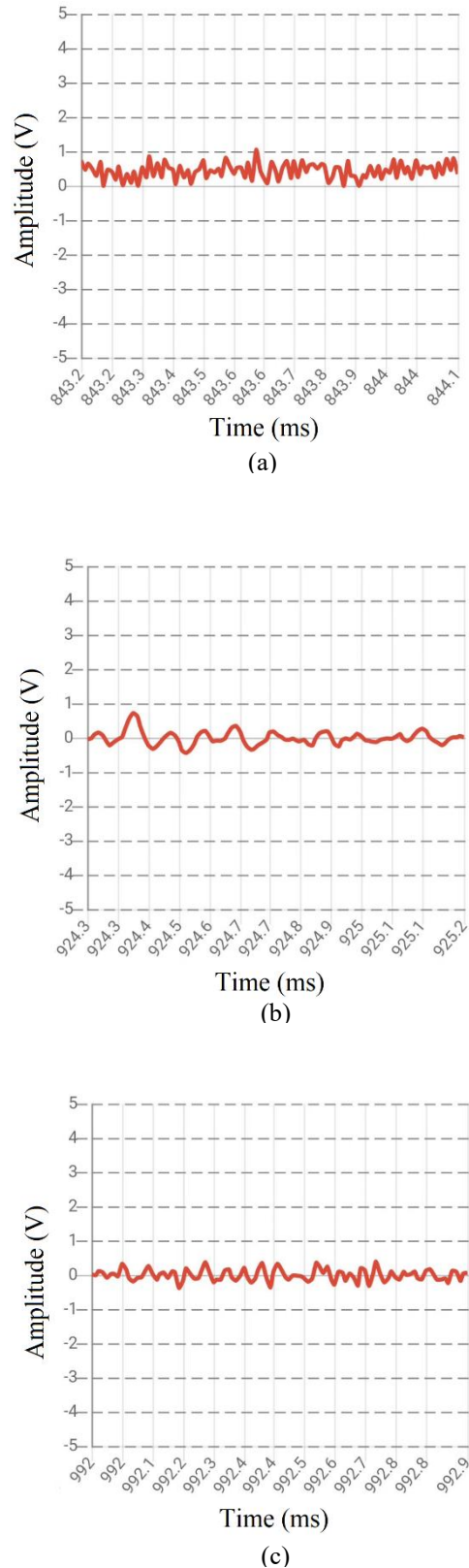
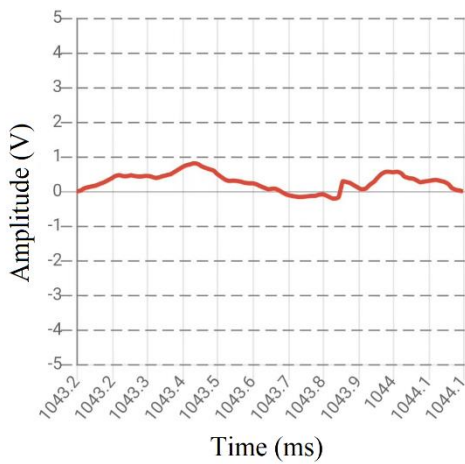
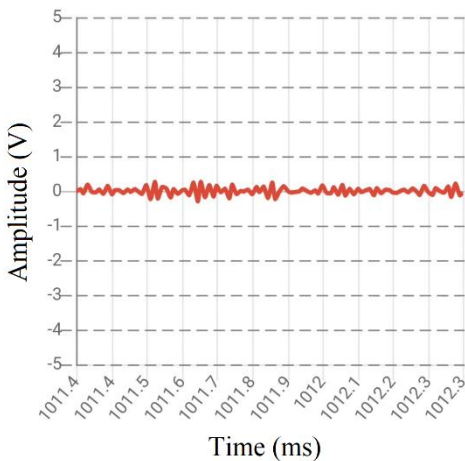


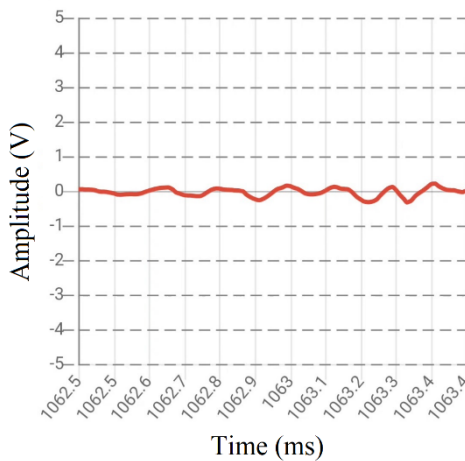
Figure 6. Graphs of the obtained EEG signal (a) Raw state, (b) Alpha rhythm, and (c) Beta rhythm



(a)



(b)



(c)

**Figure 7.** Graphs of the obtained EEG signal (a) Delta rhythm, (b) Gamma rhythm, and (c) Theta rhythm

In many studies in the literature, interface designs that only work in computer environment have been made by using Processing program (Şahin, 2015), Bioexplorer software (Engin et al., 2007), Python programming language and Labview

program (Balım, 2018). At the same time, multi-channel amplifier circuits (Balım, 2018; Chen and Wang, 2011) and commercially available electronic cards (Song et al., 2012) were used in these studies. In this study, a smartphone application interface has been developed. In addition, a new single-channel, portable, cost-effective EEG data acquisition card has been designed and implemented. Thus, this device will be given to patients in cases where they cannot come to the hospital due to old age or pandemic diseases such as COVID 19, thus providing a great convenience from EEG recordings. Because most family members have smartphones. It will only be enough for the individual to download the application to their mobile phone.

## 4. Conclusions and Recommendations

In this study, a single-channel, portable, and cost-effective EEG device prototype with hardware and smartphone interface was designed and implemented for EEG signals acquisition and extracting rhythms. In the developed interface, the raw EEG signal and five frequency sub-bands, Alpha, Beta, Delta, Gamma, and Theta signals; obtained from the EEG signal are also displayed in real-time.

In future studies, it is aimed that the EEG data in the interface will be transferred to the cloud system so that physicians with internet access can access this data remotely. In addition, it is planned to obtain the attention or meditation information of individuals from the EEG signal in real-time and display it as a percentage value in the interface.

## References

- Balım, M. A. (2018). 8 Kanallı Taşınabilir EEG Ölçüm Cihazı [Master's thesis, Bursa Technical University]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=TpCMYmF\\_t0cWrHsbO4XAQQ&no=c3dfJ\\_3ZO9am7F6NaqlUrQ](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=TpCMYmF_t0cWrHsbO4XAQQ&no=c3dfJ_3ZO9am7F6NaqlUrQ)
- Bronzino, J. D. (2006). *The Biomedical Engineering Handbook*, (3rd ed.). CRC Press.
- Bueno, L., Pons, J. L., & Bastos Filho, T. F. (2013). An embedded system for an EEG based BCI. 2013 ISSNIP Biosignals and Biorobotics Conference: Biosignals and Robotics for Better and Safer Living (BRC), 1–5. <https://doi.org/10.1109/BRC.2013.6487457>
- Chen, X., & Wang, Z. J. (2011). Design and implementation of a wearable, wireless EEG recording system. *2011 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/icbbe.2011.5781501>
- EL Menshawy, M., Benharref, A., & Serhani, M. (2015). An automatic mobile-health based approach for EEG epileptic seizures detection. *Expert Systems with Applications*, 42(20), 7157–7174. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.068>
- Engin, M., Dalbastı, T., Güldüren, M., Davaslı, E., & Engin, E. Z. (2007). A prototype portable system for EEG measurements. *Measurement*, 40(9–10), 936–942. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2006.10.018>
- Günaydın, O. (2010). *Design Of A Brain Computer Interface (BCI) System Based On Electroencephalogram (EEG)* [Master's thesis, Boğaziçi University]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=f85>

- Ehi2ivyvosYC4EkCiAQ&no=eYV1BVAsSBk77KpRZq\_8E  
w
- Kropotov, J. D. (2009). *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374512-5.X0001-1>
- Ni, D., Wang, S., & Liu, G. (2020). The EEG-Based Attention Analysis in Multimedia m-Learning. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2020, 4837291. <https://doi.org/10.1155/2020/4837291>
- Song, W., Yu, H., Liang, C., Wang, Q., & Shi, Y. (2012). Body monitoring system design based on android smartphone. *2012 World Congress on Information and Communication Technologies*, 1147–1151. <https://doi.org/10.1109/WICT.2012.6409247>
- Şahin, M. (2015). *EEG Sinyali Almak İçin Sistem Tasarımı* [Master's thesis, Bozok University]. Yozgat Bozok University Dspace. <http://dspace.bozok.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11460/436/413227.pdf>
- Thenappana S., Nagarajanb R., & Kannadhasanc S. (2021). Performance Improvement in Electroencephalogram Signal by Using DWT. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(10), 2770-2775. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i10.4895>
- Zhang, L., Guo, X., Wu, X., & Zhou, B. (2013). Low-cost circuit design of EEG signal acquisition for the brain-computer interface system. *2013 6th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics*, 245–250. <https://doi.org/10.1109/BMEI.2013.6746942>



# Wireless Communication Protocols for Project Developers in IoT Applications

Fatih Topaloğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Malatya Turgut Özal University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Computer Engineering, Malatya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2089-5214), [fatih.topaloglu@ozal.edu.tr](mailto:fatih.topaloglu@ozal.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018644)

**ATIF/REFERENCE:** Topaloğlu, F. (2021). Wireless Communication Protocols for Project Developers in IoT Applications. *European Journal of Science and Technology*, (29), 231-236.

## Abstract

The effective use of network technologies in IoT applications necessitates the determination and use of the most efficient wireless network protocols according to the application area and scope. A project developed with IoT systems uses network technology and protocol structure that includes many protocols according to its purpose and scope. The protocols used include the communication of hardware, data communication and standards of how this communication starts and ends in IoT applications. Choosing the most suitable connection for project and application developer engineers in the product line covering IoT applications is of great importance for the efficient operation of the system. In the study, the most effective wireless network protocols for IoT applications were researched, explained and comparisons were made.

**Keywords:** IoT, Wireless communication, Wireless network protocols.

# IoT Uygulamalarında Proje Geliştiriciler için Kablosuz İletişim Protokolleri

## Öz

IoT uygulamalarında ağ teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılmaya başlanması uygulama alanı ve kapsamına göre en verimli kablosuz ağ protokollerinin belirlenmesini ve kullanılmasını gerekli kılmaktadır. IoT sistemleri ile geliştirilen bir proje, amaç ve kapsamına göre bir çok iletişim kuralları içeren ağ teknolojisini ve protokolü yapısında kullanmaktadır. Kullanılan protokoller IoT uygulamalarında donanımların haberleşmesi, veri iletişimi ve bu iletişimin nasıl başlayıp nasıl biteceğinin standartlarını içermektedir. IoT uygulamalarını kapsayan ürün bandında proje ve uygulama geliştirici mühendisler için en uygun bağlantıyı seçmek sistemin verimli bir şekilde çalışmasında büyük öneme sahiptir. Yapılan çalışmada IoT uygulamaları için en etkin kablosuz ağ protokolleri araştırılmış, açıklanmış ve kıyaslamalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** IoT, Kablosuz iletişim, Kablosuz ağ protokolleri.

\* Corresponding Author: [fatih.topaloglu@ozal.edu.tr](mailto:fatih.topaloglu@ozal.edu.tr)



## 1. Introduction

The Internet of Things (IoT) aims to connect every device to the Internet so that these devices can be accessed anytime, anywhere and from any network (Nour et al., 2019). This concept has been defined as a new communication system where the Internet is connected to the physical world via wireless devices. This system has become an indispensable part of our daily life. On the other hand, its products and services offer many benefits that have not been thought of before, emerge as they are used and cannot be given up easily.

With the increase in smart technologies and the introduction of automation into buildings and cities, new network options have been developed for different applications. However, wireless devices with different communication standards and hardware limitations need to work in harmony with each other and with existing internet protocols (Castellani et al., 2010). Depending on the application, the most suitable network option is determined by considering factors such as data requirement, power demand, security and battery life, and application development continues in this way.

Wireless network technologies are widely preferred in IoT projects and applications because of their small size data exchange, low cost, minimum power consumption principle, and easy and flexible installation. Thanks to these technologies, it is possible to establish complex network structures, expand them and enable these structures to communicate with other technologies.

While human beings are able to handle most of their operations with the help of technology, technology manufacturers face problems in meeting the energy and battery demand of the technology used. Therefore, one of the conditions sought for every technology produced is low power consumption. Foreseeing this, engineers have developed a large number of wireless communication modules. In the study, the most effective wireless network protocols were determined by considering the features needed in IoT projects, they were explained with examples according to their application areas and comparisons were made.

The remainder of the work is organized as follows. In the second part, the analysis, application areas and examples of the determined wireless communication protocols are explained. In the third section, comparisons of the proposed protocols are made. In the last section, the study is summarized.

## 2. Proposed Wireless Network Protocols

Protocols are network languages or rule frames that are used in inter-device communication and determine the protocols. Network protocols generally define physical interfaces, signal levels and encoding, network addresses, connection establishment/disconnection, size and structure of network data units, error checking, successful acknowledgment, flow control mechanisms, database fields and formats, application-specific meanings. In addition, standardization studies have been carried out so that wireless sensors with different hardware/communication sources can be used in large-scale applications (Sheng et al., 2013; Atzori et al., 2010; Tagami & Arumaiturai, 2016; Chen, 2017; Lin et al., 2017).

People sometimes even refer to any wireless technology they use as a wireless network “Wi-Fi”. While it may seem ideal for wireless devices all over the world to use a common network protocol such as Wi-Fi, networks available today instead support a wide variety of protocols. Because no existing protocol provides the optimal solution for the different wireless uses that people want. Some offer faster speeds or more reliable and longer distance connections, while others offer better optimized options for battery saving on mobile devices. Due to the lossy nature of the wireless transmission environment and the resource constraints of the devices in the environment, communication protocols are designed differently from existing internet protocols (Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam & Cayirci, 2002). The following wireless networking protocols have proven particularly useful in IoT applications and projects.

### 2.1. Radio Frequency Identification (RFID)

RFID is a method of recognizing objects individually and automatically using radio frequency. In line with the developing technology, in line with the increasing demands in IoT applications, it has now become a necessity to use RFID technology in information collection, product controls, counting and regulations in the face of complexity in business integrity. It provides benefits at many points such as facilitating business life, reducing costs, accelerating the workflow, increasing efficiency and profitability.

Scope of application; Tracking and Identification (Supply chain management, inventory control, retail payment, recycling, cargo tracking, etc.) (Cho et al., 2007), Payment and Storage (Electronic access systems, contactless credit cards, bus and subway passes, concert tickets etc.), Access Control (Building access cards, concert tickets, vehicle contact systems etc.), Anti-Forgery (Paper coins, game tokens, prescription drugs etc.).

The RFID system includes a tag, a reader, and an antenna. The reader sends a polling signal to the tag via the antenna and the tag responds with its unique information. The antenna sends the incoming data to the computer environment digitally. Thanks to the support software, these data are read and transactions are made. RFID tags can be placed directly on or inside all objects to be identified in an RFID system. In this way, it is ensured that the product is recognized when it enters the coverage area, and the information recorded on the label is easily obtained. In RFID technology, tags are divided into three as active, passive and semi-passive. A detailed comparison of the features of RFID tags is given in Table 1.

Table 1. Features of tags in RFID technology

Label Type	Passive	Active	Semi-Passive
Power source	over RF	Battery	Battery
Communication	Response	Initiation and Response	Response
Max. Range	10 M	>100 M	>100 M
Cost	Cheap	Expensive	Average
Usage Area	Proximity Cards	Valuable Property Tracking	Pallet Tracking

Active RFID tags contain their own power source that allows broadcasting with a reading range of up to 100 meters. Long read ranges make active RFID tags ideal for many IoT applications where asset location and other improvements in logistics are important. Passive RFID tags do not have their own power source. Because the radio waves must be strong enough to power the tags, passive RFID tags provide a read range of up to 10 meters from close contact. Semi-Passive RFID tags As with active RFID tags, semi-passive tags also have an internal power supply. But in order to initiate communication, it must receive a warning from the RFID reader; For this reason, it is called a semi-passive tag. Due to its internal power supply, it provides a longer read range than passive tags.

## **2.2. Near Field Communication (NFC)**

NFC is a short range wireless RFID communication technology. NFC, a contactless technology, is a network technology used to provide instant access to all digital data and information on your mobile device. In this technology, data transmission takes place in short distance, high frequency and low bandwidth. NFC is designed as a secure form of data exchange and NFC device can be both NFC reader and NFC tag. The most important device that performs this function in the market is smart phones. NFC devices in smart phones can work as both readers and tags.

The structure of the NFC Tag is quite simple. NFC readers send a signal to the tag via the antenna. The tag sends the unique information contained in it to the antenna of the reader. The antenna receives the incoming data and transfers it to digital media. An NFC device can act as both a reader and a tag. This unique capability has made it a popular choice for contactless payment by actors in the mobile industry in their decision to incorporate NFC into new smart phones.

NFC, a contactless technology, is a network technology used to provide instant access to all digital data and information on your mobile device. In this technology, data transmission takes place in short distance, high frequency and low bandwidth. This process takes place in 3 different ways. The first is The Host Card Emulation mode, where a mobile terminal acts as a smart contactless chip. The second is The Peer-to-peer mode of data exchange, which works in both directions between two mobile devices communicating with each other via NFC. The third is The Reader mode, which allows you to read information or trigger actions by closely touching or bringing the phone close to an NFC tag.

NFC is used as a payment method, it is often confused with QR code application. However, NFC technology is very different from QR code as it is a connection method and there are huge differences between the two systems. Near Range Communication stores data via a microchip and is therefore digital in nature. QR code, on the other hand, stores data in an image and does not carry a digital identity on its own. While the QR code becomes active with the optical reader on digital devices, NFC establishes a wireless connection with the opposite device. QR code can be found in digital or physical media, and codes in physical media can simply be deformed. NFC, on the other hand, is only available in the digital environment and does not deform as long as the devices are not damaged.

## **2.3. Bluetooth**

Bluetooth is a wireless technology that works with radio waves and its main purpose is to provide data communication between different devices. The Bluetooth standard is accepted as the basis of the IEEE 802.15 family of standards created by IEEE to develop communication standards for wireless private area networks (Bisdikian, 2001). Bluetooth opens the doors of wireless data and voice communication with a technique that is low power consumption, cheap, reliable, fast and allows to be integrated into all devices (Shepherd, 2001). Bluetooth networks transmit data in the form of low-power radio waves. It communicates at a frequency of 2.45 gigahertz. This frequency band is reserved for the use of industrial, scientific and medical devices by international agreements.

With Bluetooth 2.1, energy saving has been improved by 5 times. With Bluetooth 3.0, the data transmission rate has increased up to 24 Mbps, allowing users to share files and play games to a more comfortable level. With Bluetooth 4.0, power consumption has been further reduced, enabling the use of equipment such as fitness, heartbeat and step counters on phones. The most important Bluetooth version, known to those who are interested in IoT, especially as a low-energy protocol, is 4.0. Because in this version, energy consumption has been reduced even more and it has become available for use in IoT systems.

The Bluetooth 5.0 version caters specifically to IoT applications. The most important feature of this version is that it can pass through walls more effectively and can be used more effectively indoors such as home and office. With Bluetooth 5.0, the range distance has been increased 4 times, the data transmission rate has been doubled and the connectionless data transmission capacity has been increased 8 times. While doing these, its low power consumption has made it an indispensable protocol for IoT.

## **2.4. Wireless**

The widespread use of Wi-Fi connection in the home and office environment has the biggest factor in the preference of Wireless technology in IoT. With this network protocol, processing and transmission of big data is carried out quickly. Wi-Fi technology is the same as the working principle of transistor radios and wireless network systems work with radio frequencies. In order for a Wi-Fi connection to take place, a device such as a modem that transmits the signal and another device, such as a smartphone, that can receive and convert these signals into data is required.

Wi-Fi is a compatibility indicator that indicates that technological devices can provide wireless connection. All technological devices that can communicate over a wireless network have one of the IEEE 802.11 standards. Network connection is performed at a radio frequency of 2.4 GHz or 5 GHz, depending on the IEEE 802.11 standard, which wireless access points and devices jointly support. Wireless connection standards; It is designated as IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, and IEEE 802.11ac. Wireless connection standards specifications are given in Table 2.

Table 2. IEEE 802.11 Wi-Fi protocol summary

Protocol	Frequency	Channel Width	MIMO	Max data rate
802.11ac wave2	5 GHz	20, 40, 80, 160 MHz	Multi User	1,73 Gbps
802.11ac wave1	5 GHz	20, 40, 80 MHz	Single User	866,7 Mb/sn
802.11n	2,4 -5 GHz	20, 40 MHz	Single User	450 Mb/sn
802.11g	2,4 GHz	20 MHz	No	54 Mb/sn
802.11a	5 GHz	20 MHz	No	54 Mb/sn
802.11b	2,4 GHz	20 MHz	No	11 Mb/sn

Some applications that can be done with wireless technology; With wireless devices placed in the human body, vital values can be constantly checked, the patient's medications can be controlled, whether the patient takes the right medication at the right time, and information such as general health information, benefits, harms, manufacturer, distributor of the product can be accessed via the internet thanks to the wireless device used on foods. With the wireless device placed in the cars, the driver can be warned against vehicle activities or creatures that may cause traffic accidents by controlling the mobility around a vehicle, where the bus is, how long it will arrive, the intensity in the bus can be instantaneous by using the camera and wireless systems placed in the public transportation vehicles and the mobile phone. possible to follow.

## 2.5. Long Term Evolution -Advanced (LTE-A)

LTE-A, a cellular communication protocol, enables the development of IoT applications that will operate over longer distances. LTE-A, LTE-Advanced and LTE+ are the names of the same service. LTE-A technology is an advanced or upgraded version of LTE technology, which is faster, more stable, and has higher bandwidth than normal LTE. This technology is closest to the connection speeds offered by real 4G technology.

The prominent advantages of LTE-Advanced are the ability to take advantage of advanced topology networks and optimize multi-origin networks by mixing macro cells and low power nodes. At this point, 4.5G stands out with its carrier aggregation feature. Thanks to this feature, it can access the internet with two connections at the same time. Another advantage is that it can use mobile network and Wi-Fi at the same time.

LTE-A provides high-speed transmission of big data. Of course, technologies such as GSM or 3G can be used instead. However, in places where remote data communication is required, using the 4G (LTE-A) band will enable the IoT application to perform faster. Sending big data in this way is both expensive and causes high power consumption. However, in cases such as fast transmission of smaller data, using this protocol will make transactions faster. In summary, it is necessary to take advantage of cellular network technologies such as LTE to receive data over long distances or to control devices.

## 2.6. ZigBee

Another important IoT communication protocol is Zigbee. Zigbee are low power consumption wireless technologies designed to move small amounts of data over short to medium

distances. With its compatibility in wireless control and sensor networks, it has an important role in M2M and IoT applications. Zigbee technology is mesh network. Each node in the system acts as both a wireless data source and a repeater. Information from a single sensor node passes from node to node until it reaches the transmission gateway.

It uses the IEEE 802.15.4 low speed personal area network protocol for the unified physical layer in Zigbee technology. The data rate is 250 kbps Zigbee, and the wireless communication range varies between 10-100 meters. The most striking feature of ZigBee technology is its very low power consumption and long battery life, ranging from 6 months to 2 years depending on the application (Leung, 2002). Unlike Bluetooth, it can actively communicate with 30-40 units at the same time, which is 8 in Bluetooth (Bahl, Heile, & Naeve, 2002). Among the IoT system developers, Zigbee has a large user base with all these features. As can be seen in Table 3, Zigbee is one of the favorites of IoT developers because it can establish networks with high reliability, low cost, energy efficiency, support for a large number of nodes, and for monitoring and management purposes.

Table 3. Zigbee basic characteristic

Property	Value
Data Rate	868 MHz-20kb/s, 915 MHz-40kb/s, 2.4 GHz-250kb/s
Number of Units / Network	255
Distance	10-100 m
Complexity	Less complex than current standards
Battery Life	6 Months-2 Years
Number of Channels	868, 915 MHz – 11 Kanal, 2.4 GHz – 16 Channel
Address	8bit-64bit

This technology security systems (security alarm, fire-gas-water detector systems, entrance-exit controls), urban smart grid control devices, HVAC (heating, ventilation and air conditioning) control systems, health (monitoring and controlling body functions of patients and athletes), vehicles (monitoring tire pressure in places where cables cannot reach, for example), agriculture (humidity, It is widely used in local area sensor data networks such as water, temperature data monitoring), industry (production control, energy management, control of industrial devices), home automation and lighting controls.

## 2.7. Z - Wave

Based on low-power RF communication technology, Z - Wave is a wireless communication protocol. In addition, it is a globally accepted home and building automation standard (ITU-T G.9959) that allows devices in the home and office to communicate with each other and the user easily and wirelessly. Z-Wave technology increases efficiency by controlling energy consumption, which is one of the main purposes of smart home systems (Shrouf, & Miragliotta, 2015; AlFaris, Juaidi, & Manzano-Agugliaro, 2017). Being wireless easy to install and controlling almost all kinds of electrical equipment has made Z-Wave the first choice in IoT applications.



Z-Wave technology provides a very powerful mechanism to communicate with all members in the networks, which makes the system more reliable (Withanage, Ashok, Yuen, & Otto, 2014). With its high scalability, it can control up to 232 devices. Its biggest advantage is that it is independent and compatible with teamwork. For example, by turning on the office lights, the temperature in the office can be adjusted to the predetermined set value. Table 4 describes the features of Z-Wave technology.

Table 4. Features of Z-Wave technology

Property	Explanation
Simple	All devices communicate with each other easily and in a very short time, without complicated programming and new wiring.
Strong	Points where it is too far from the control unit or behind a thick wall are also easily accessible.
Bidirectional Communication	It allows all points connected to the Z-Wave network to be controlled from anywhere with internet and devices such as mobile phones and tablets, and the current status can be monitored.
Smart	Devices in the network can work independently of each other as well as as a team.
Safe	It is extremely safe thanks to its very low electromagnetic wave emission.

Z-Wave devices are programmed according to the country of residence. Since it works over radio frequency, it does not work when moved to a different region. However, the 2.4 GHz band is subject to heavy interference from WiFi and Bluetooth systems. Zig-Bee operates on the 2.4 GHz band, which is the same as Bluetooth and Wi-Fi. Therefore, the more devices on the same frequency, the higher the interference.

Sub GHz bands using Z-Wave do not face the same interference issues. Z-Wave is a closed standard of silicon labs. However, as a closed system it should generally not change protocols and specific device hubs should not be required. Z-Wave provides additional security for easy identification by requiring each device to use a unique ID to communicate with the hub.

### 3. Discussion and Suggestions

The huge interconnected device ecosystem, called IoT, has been expanding rapidly around the world in recent years. Today, many devices around us have the ability to send information to other devices or applications, collect information and analyze information.

The invisible language that allows billions of devices in this ecosystem to talk to each other are IoT standards and protocols. Protocols used for personal devices that we use in daily life may not be suitable for meeting the requirements in IoT-based applications. Many wireless network protocols have been developed as a solution to this problem. Developed wireless network protocols offer the advantages of traditional LAN technologies without cable limit.

Table 5. Comparison of wireless communication standards.

Standard	Zigbee 802.15.4	Bluetooth 802.15.1	Wi-Fi 802.11b	GPRS/GSM
Apps	Monitoring and Control	Instead of Cable	Web, E-mail, Video	Wide area voice and data
System Resource	4kb-32kb	250kb+	1 Mb+	16 Mb+
Network Size	256/65k+	7	30	1000
Band width (Kbps)	20-250	720	11000+	64-128
Range	1-75+	1-10+	1-100	1000+
Areas of Success	Durability, Cost	Cost, Convenience	Speed, flexibility	Accessibility, Quality

There are many options and alternatives when looking at the features of IoT wireless protocols, standards and technologies. Choosing the right protocol is a difficult task because each protocol has its own advantages and disadvantages (Reinisch, Kastner, & Granzer, 2007). In Table 5, the standards and technologies defined in the study and some comparisons of the most popular ones are also presented in tabular form.

Here are some requirements that application developer engineers should consider for IoT wireless networks; real-time data transfer, minimum millisecond delay, data flow protection and high security for applications, billions of heterogeneous machine connections, Monitoring and traffic control of devices in the Network, cost-effectiveness and application configuration capability. In addition, high-speed and high-capacity communication, wide coverage extension, low power consumption and cost, low latency, reliable communication, wide connection and detection capabilities offered by 5G technology, ultra-reliable and low-latency and massive object communication features, The project will offer important privileges for developers.

### 4. Conclusion

Today, access to information everywhere, quickly and freely has become important, and wireless network systems have gained great importance. Wireless network systems are a technology that will not lose its importance in the future, as it is today, and even a huge investment will be made on it. The wireless environment gives engineers and practitioners the freedom to work wirelessly without sacrificing connectivity. In addition, devices connected to other wireless devices provide mobile workers with more uninterrupted working methods. Wireless environment makes work more effective and efficient, while helping to ease the network in in-house applications.

Some of the devices used in IoT applications serve only as receivers, some only as transmitters, and some as both receivers and transmitters. Almost all of them use different communication protocols. So there are many connection options available to engineers. With the study, the most effective wireless communication protocols from many standards and technologies to be used in IoT applications are defined.



## References

- Akyildiz, I., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks*, 38(4), 393–422. doi: 10.1016/s1389-1286(01)00302-4
- AlFaris, F., Juaidi, A., Manzano-Agugliaro, F. (2017). Intelligent homes' technologies to optimize the energy performance for the net zero energy home. *Energy and Buildings Journal*, 153, 262–274. doi:10.1016/J.ENBUILD.2017.07.089
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010
- Bahl, V., Heile, B., & Naeve, M. (2002). Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Wireless Personal Area Networks. *IEEE Communications Magazine*, 40(8), 70–77. doi: 10.1109/MCOM.2002.1024418
- Bayilmis, C., Erturk, I., & Ceken, C. (2003). Bluetooth Kablosuz Haberleşme Tekniği Kullanarak Veri Transferi Uygulaması. 3. *International Advanced Technologies Symposium*, 305–313.
- Bisdikian, C. (2001). An Overview of the Bluetooth Wireless Technology. *IEEE Communications Magazine*, 86–94. doi: 10.1109/35.968817
- Castellani, A. P., Bui, N., Casari, P., Rossi, M., Shelby, Z., & Zorzi, M. (2010). Architecture and protocols for the Internet of Things: A case study. 2010 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 678–683. doi: 10.1109/percomw.2010.5470520
- Chen, E. T. (2017). The Internet of Things. *The Internet of Things in the Modern Business Environment Advances in E-Business Research*, 167–187. doi: 10.4018/978-1-5225-2104-4.ch009
- Cho, J., Shim, Y., Kwon, T., Choi, Y., & Kim, S. (2007). SARIF: A novel framework for integrating wireless sensor and RFID networks. *IEEE Wireless Communications*, 14(6), 50–56. doi: 10.1109/mwc.2007.4407227
- ITU G.9959, 2012. ITU Recommendation G.9959: short range narrow-band digital radio communication transceivers – PHY and MAC layer specifications.
- Leung, E. (2002). ZigBee: A New Era of Wireless Communications. *China Wireless Communications*.
- Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(5), 1125–1142. doi: 10.1109/jiot.2017.2683200
- Nour, B., Sharif, K., Li, F., Biswas, S., Mounpla, H., Guizani, M., & Wang, Y. (2019). A survey of Internet of Things communication using ICN: A use case perspective. *Computer Communications*, 142–143, 95–123. doi: 10.1016/j.comcom.2019.05.010
- Reinisch, C., Kastner, W., & Granzer, W. (2007). Wireless Technologies in Home and Building Automation. 2007 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2, 93–98. doi: 10.1109/INDIN.2007.4384737
- Sheng, Z., Yang, S., Yu, Y., Vasilakos, A., Mccann, J., & Leung, K. (2013). A survey on the ietf protocol suite for the internet of things: standards, challenges, and opportunities. *IEEE Wireless Communications*, 20(6), 91–98. doi: 10.1109/mwc.2013.6704479
- Shepherd, R. (2001). Bluetooth Wireless Technology in the Home. *Electronics & Communication Engineering Journal*, 195–203. doi:10.1049/ecej:20010501
- Shrouf, F., & Miragliotta, G. (2015). Energy management based on Internet of Things: practices and framework for adoption in production management. *Journal of Cleaner Production*, 100, 235–246. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.03.055
- Tagami, A., & Arumaithurai, M. (2016). GreenICN Project: Architecture and Applications of Green Information Centric Networking. *IEICE Transactions on Communications*, E99.B(12), 2470–2476. doi: 10.1587/transcom.2016cni0001
- Withanage, C., Ashok, R., Yuen, C., & Otto, K. (2014) A comparison of the popular home automation technologies. 2014 *IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 600–605. doi:10.1109/ISGT-ASIA.2014.6873860



# A Palm Vein Recognition Approach by Multiple Convolutional Neural Network Models

Felix Olanrewaju Babalola<sup>1</sup>, Önsen Toygar<sup>2\*</sup>, Yıldıran Bitirim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eastern Mediterranean University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Famagusta, North Cyprus, via Mersin 10, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2731-0693), [felix.babalola@emu.edu.tr](mailto:felix.babalola@emu.edu.tr)

<sup>2\*</sup> Eastern Mediterranean University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Famagusta, North Cyprus, via Mersin 10, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7402-9058), [onsen.toygar@emu.edu.tr](mailto:onsen.toygar@emu.edu.tr)

<sup>3</sup> Eastern Mediterranean University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Famagusta, North Cyprus, via Mersin 10, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1780-2806), [yildan.bitirim@emu.edu.tr](mailto:yildan.bitirim@emu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1016532)

**ATIF/REFERENCE:** Babalola, F. O., Toygar, Ö. & Bitirim, Y. (2021). A Palm Vein Recognition Approach by Multiple Convolutional Neural Network Models. *European Journal of Science and Technology*, (29), 237-242.

## Abstract

A palm vein recognition system is proposed in this paper. The efficiency of three convolutional neural network models (VGG16, VGG19 and AlexNet) in palm vein biometrics is compared and then this study proposes to fuse them with Decision-Level Fusion. These models employ the use of high number of filters during training which leads to very high computation time, therefore, the filters are reduced in this study to drastically reduce computation time while maintaining the efficiency of the models. The proposed method is tested on three datasets secured from FYO, PUT and VERA databases. The proposed system significantly increases the accuracy of the system in comparison with the individual models and achieves 99.06 %, 99.83 % and 99.26 % on FYO, PUT and VERA datasets, respectively.

**Keywords:** Biometrics, Palm vein, VGG16, VGG19, AlexNet, Decision-Level Fusion.

## Çoklu Evrişimli Sinir Ağı Modelleri İle Bir Avuç İçi Damar Tanıma Yaklaşımı

### Öz

Bu makalede bir avuç içi damar tanıma sistemi önerilmiştir. Üç Evrişimli Sinir Ağı (CNN) modelinin (VGG16, VGG19 ve AlexNet) avuç içi damar biyometrisindeki etkisi karşılaştırılmış ve daha sonra bu modellerin Karar-Seviyesi Kaynaşımı kullanarak birleştirilmesi önerilmiştir. Bu modellerin eğitiminde çok fazla süzgeç kullanıldığı için hesaplama süresi çok yüksektir. Dolayısıyla, bu çalışmada, modellerin verimliliğini muhafaza ederken hesaplama süresini de büyük ölçüde azaltmak için modellerde kullanılan süzgeçler azaltılmıştır. Önerilen yöntem, FYO, PUT ve VERA isimli üç halka açık veritabanı kullanılarak test edilmiştir. Bireysel modellerle kıyaslandığında, önerilen yöntemin doğruluğu önemli ölçüde artmıştır ve FYO, PUT ve VERA veri kümeleri üzerinde sırasıyla %99.06, %99.8 ve %99.26 başarı elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyometri, Avuç içi damarı, VGG16, VGG19, AlexNet, Karar-Seviyesi Kaynaşımı.

\* Corresponding Author: [onsen.toygar@emu.edu.tr](mailto:onsen.toygar@emu.edu.tr)

## 1. Introduction

Human recognition systems, where physiological traits such as face, iris, palmprint, fingerprint, voice and gait are used, have become leading technologies worldwide for human biometric authentication. Subsequently, several research studies have been done in this area, such as standalone usage of physiological traits or combination of multiple traits, or combining physiological with a non-physiological trait [1]. Technological innovations for fast and effective acquisition of these biometric traits have also positively affected research in this area.

Furthermore, hand vein pattern on the palm, hand dorsal, wrist and fingers as biometric traits has also been well received. They are now among the most effective biometric traits where high data security is required.

Consequently, usage of palm vein as biometric attribute has received positive attention in recent years especially because of its innate anti-spoof quality and stability. These qualities make it almost impossible to show a fake human hand to a hand vein sensor because veins cannot be read from lifeless bodies. The acquisition process is also user friendly, it can be contactless to achieve higher acceptability. The images obtained at the data capture level are not occluded by external factors that are possible elsewhere on human body, such as accessories, make up or clothing.

In this paper, we combined three Convolutional Neural Networks (CNN) models (VGG16 [2], VGG19 [3] and AlexNet [4]) to build a palm vein recognition system. Three datasets (FYO database [1], PUT database [5], VERA database [6]) were used to examine and present the efficiency of the proposed system.

Contributions of this study are itemized below:

- Palm vein recognition with the fusion of three deep learning models.
- Faster CNN training with lesser filters.
- Comparative analysis of CNN models on palm vein recognition
- Decision-Level Fusion of CNN models.

The rest of this paper is outlined as follows: Section II gives a review of biometrics research with a focus on hand vein and palm vein biometrics. Section III presents a detailed description of the proposed system while Section IV shows the results of corresponding experiments. Section V presents the conclusion of the study and possible future works.

## 2. Literature Review

There has been several research works on the use of hand vein and other characteristics of the hand for human recognition, such as hand geometry and shape [7], finger vein recognition [8] and dorsal vein recognition [9]. Capturing the vein pattern is the first stage of hand vein biometrics. Most studies in this field used images captured by near-infrared or infrared cameras [1], [10]. Similarly, numerous research have been carried out on how to extract features from sample hand vein images from the palm, dorsal, finger and wrist.

In 2011, Kabacinski and Kowalski introduced PUT database which is composed of a palm vein dataset along with a wrist vein dataset [5]. Additionally, Tome and Marcel introduced VERA palm vein database in 2015, in order to use it to study print spoof

attacks in hand vein biometrics [6]. Tongji Contactless Palmvein Dataset is a large scale palmvein database that was introduced in 2018. A deep CNN-based palmprint and palmvein recognition system was built using Tongji dataset [11].

Subsequently, several ways of using palm vein as a biometric trait have been proposed as well as how to effectively extract features from palm vein images. Identifying non-vein pixels by the extraction of line-based features of palm vein using directional filter bank has been used [12]. Maximal principal curvature algorithm with k-means algorithm has also been used for extraction from palm vein images [13]. On the other hand, ways to use palm vein practically have been proposed, such as ATM transaction security using palm vein biometric authentication combined with unique identification number [14]. Palm vein authentication technology and its application to financial solutions was introduced along with PalmSecure, an authentication product developed by Fujitsu for commercial usage [15].

Furthermore, Lee in 2012 constructed a camera-based device with NIR light source to obtain palm vein images and extracted features from the images using 2-D Gabor filter and VeinCode algorithm for fast template matching [16], while Adaptive Gabor filter was later used to improve the study [17]. Web camera and infrared LED illumination for low-cost hand vein acquisition has also been studied [18]. Multilayer security system with palm vein biometric using PCA and template matching techniques has also been proposed with an average accuracy of 92.00% [19].

Combining palm vein with other physiological features or non-physiological features for stronger identification systems also exist in literature, such as palm vein features plus unique identification number for ATM security [14], combining palm, wrist and back of hand (dorsal) vein patterns. For example, a system was tested on deep learning based models and texturebased feature extraction methods [1].

## 3. Proposed Method

The proposed system is depicted with Fig. 1. The architecture is in three phases, namely pre-processing phase, model training phase and predictions combination phase. Detail of each phase is explained in the following subsections

### 3.1. Pre-processing

The only preprocessing required is obtaining the Region of Interest (ROI). This involves cropping out background areas and other extra areas, such as fingers and wrist, captured along with the palm vein image during the data acquisition process. In this study, the process of obtaining the ROI is carried out in a semi-automatic manner which involves first determining the best dimension that appropriately represents the ROI for all samples in the dataset. This is followed by automatic cropping of all the images using the determined dimension. These steps are repeated for images that will be badly cropped due to differences in hand size, orientation and hand position during data acquisition. The repetition is done until all images are appropriately cropped [10].

### 3.2. CNN Models

Three different CNN models were used in this study. The models are popular deep learning methods. However, these models make use of huge number of filters which are reduced in this study for faster computation time. The models,

namely VGG16, VGG19 and AlexNet, are explained below along with the changes made.

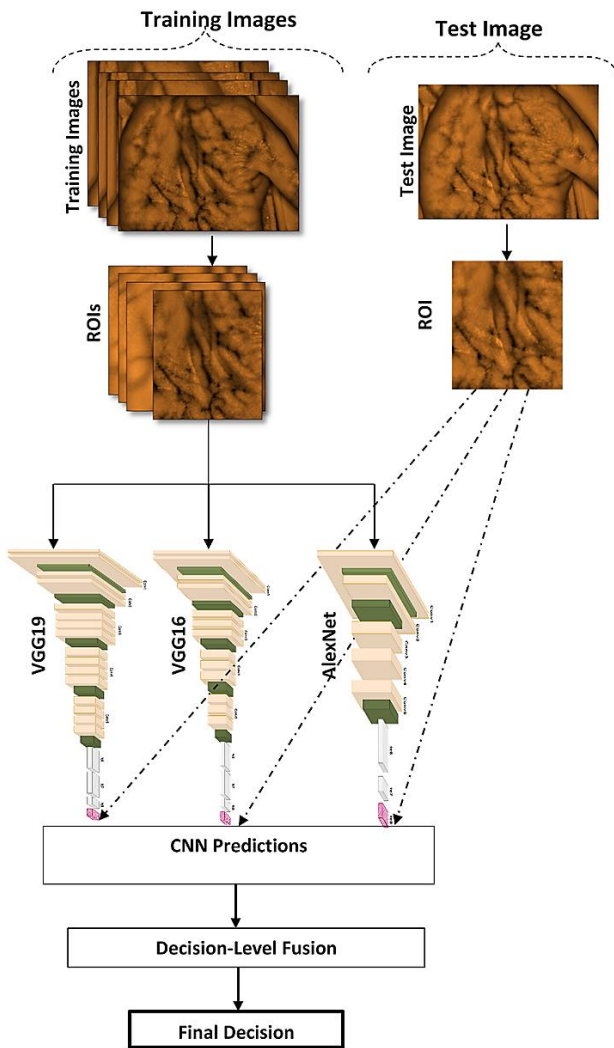


Fig. 1. Proposed system architecture

3.2.1. VGG16

VGG16 is a CNN model introduced in 2014 at the ILSVR (Imagenet) competition. The number 16 in the name represents

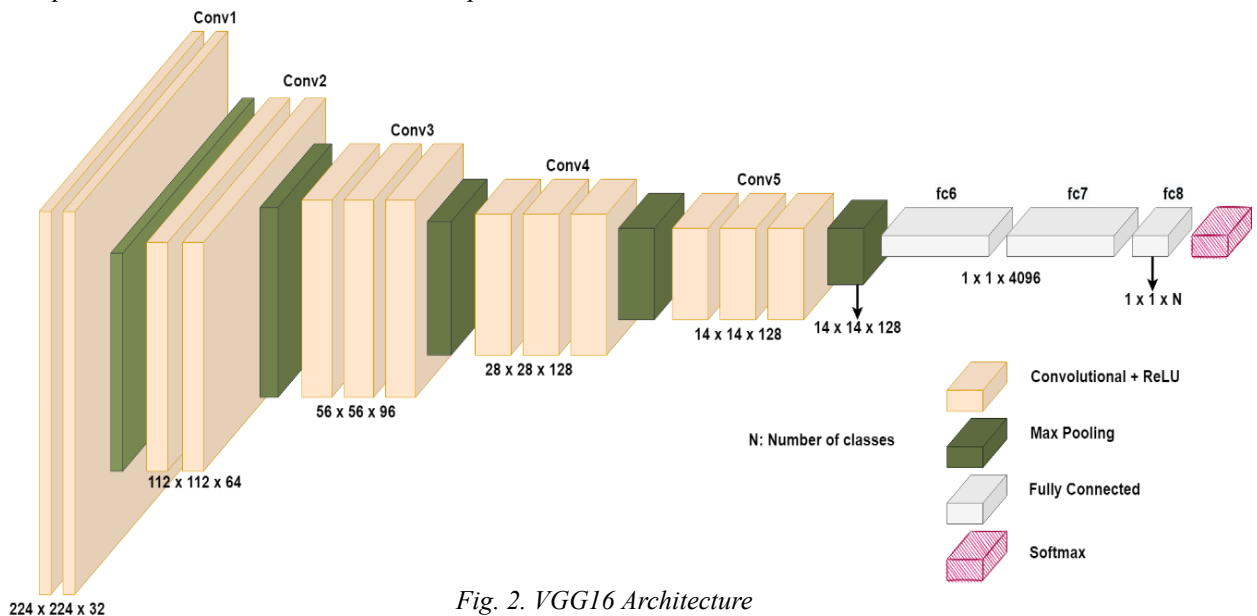


Fig. 2. VGG16 Architecture

the number of convolution layer in its structure. It has a large network, but is considered to be one of the successful CNN models. All convolutional layers use 3 x 3 filters and ReLU activation function. Although, there are 16 convolutional layers, there exist only five layers (two convolution layers are in the first layer, two in the second, three in the third, fourth and fifth layers, respectively), each followed by Batch Normalization layer and a Maxpool layer of 2 x 2 filter with two strides. The layers are completed with two Fully-connected layers, and a Softmax activation function which normalizes the output to be between 0 and 1.

Furthermore, each layer has high number of filters ranging from 64 to 512. However, as shown in Fig. 2, number of filters per layer was reduced in this experiment, making the training relatively small while still maintaining the efficiency of the models.

3.2.2. VGG19

Similar to VGG16, the number 19 in VGG19 represents the 19 convolutional layers in the model. VGG19 has all the features of VGG16 except that one additional convolutional layer is added to layers three, four and five as shown in Fig 3. It is also a highly successful CNN model with very large networks.

Table 1. VGG16 and VGG19 filter reduction percentages

Layer	Original	Modified	Reduction percentage
First layer	64	32	50.00%
Second layer	128	64	50.00%
Third layer	256	96	62.50%
Fourth layer	512	128	75.00%
Fifth layer	512	128	75.00%



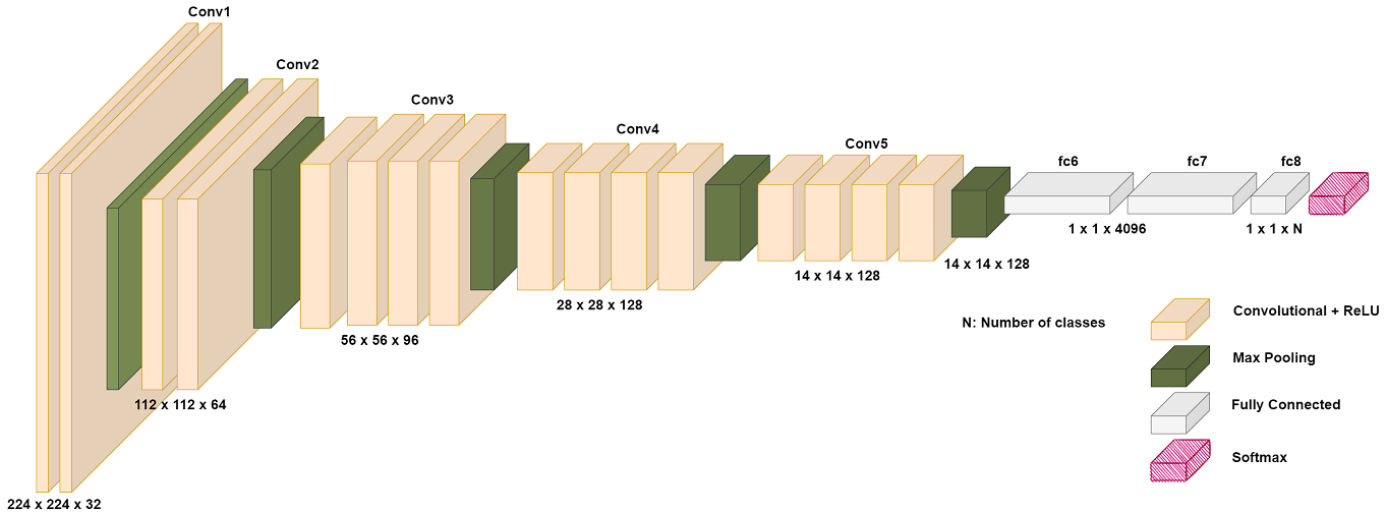


Fig. 3. VGG19 Architecture

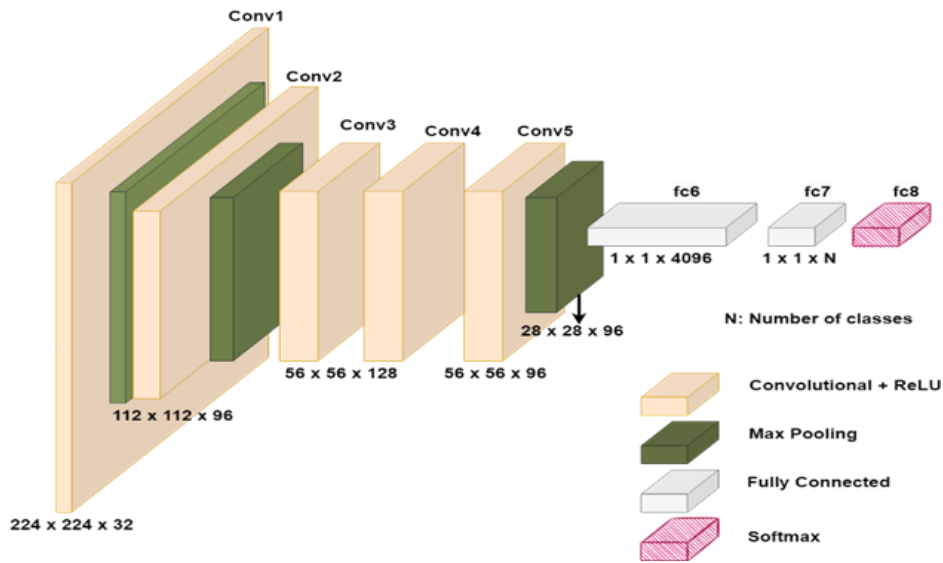


Fig. 4. AlexNet Architecture

Additionally, the same filter reduction in each convolutional layer was carried for VGG19 as in the aforementioned VGG16 experiment. Table 1 shows the differences in the number of filters in the original and modified VGG16 and VGG19 architectures used in this study.

Table 2. AlexNet filter reduction percentages

Layer	Original	Modified	Reduction percentage
First layer	11 x 11 x 96	3 x 3 x 32	66.67%
Second layer	5 x 5 x 256	3 x 3 x 64	75.00%
Third layer	3 x 3 x 384	3 x 3 x 128	66.67%
Fourth layer	3 x 3 x 384	3 x 3 x 128	66.67%
Fifth layer	3 x 3 x 256	3 x 3 x 64	75.00%

### 3.2.3. AlexNet

AlexNet also has five layers but with just one convolutional layer in each. The original architecture has different filter sizes per layer, ranging from 3 x 3 to 11 x 11 as well as high number of filters, ranging from 96 to 384. Each layer is followed by ReLU activation function, a Batch Normalization layer and a Maxpool layer of 3 x 3 filter. The architecture is completed with a 50% Dropout layer, Fullyconnected layer and Softmax activation function [4].

However, similar to VGG16 and VGG19, the number of filters was reduced in each layer as shown in Fig 4. Additionally, a 3 x 3 kernel was maintained for each convolutional layer throughout the architecture in this study. Table 2 shows the differences in the original architecture and the experimental model used in this study.

### 3.3. Decision-Level Fusion

The final decision of the proposed system is obtained by first obtaining individual decision from each of the three CNN models used; VGG16 (Decision I), VGG19 (Decision II) and AlexNet (Decision III). For each decision, a binary output of either correct or incorrect recognition is expected. Therefore, weight of 1 is

Table 3. Computation time comparison (in seconds)

Experiment	VGG16	Modified VGG16	VGG19	Modified VGG19	AlexNet	Modified AlexNet
FYO	131325.41	27843.18	136282.18	29402.61	109850.63	18446.27
PUT	107353.45	24838.32	123842.00	27353.93	141014.50	17300.00
VERA	97840.38	22762.88	115968.66	24901.59	132259.94	15728.60

assigned to correct recognition and 0 is assigned to incorrect recognition. All weights are added together per test sample. Consequently, a weight of 2 and 3 is assigned True in the final system decision, while a weight of 1 and 0 is assigned False.

## 4. Experiments and Results

### 4.1. Datasets

Palm vein datasets from FYO, PUT and VERA databases were used in this study. These datasets have different number of volunteers and different number of samples per person as described below.

FYO database [1] has multiple hand vein pattern datasets including dorsal vein, palmar vein and wrist vein. The number of volunteers used in the database is 160. Hand vein images were captured from both hands of each volunteer, in two separate sessions. Consequently, the database has 640 images of palm vein patterns, as well as 640 images of dorsal vein and wrist vein patterns, respectively. However, only the palm dataset is used in this study.

Similarly, PUT vein database [5] is composed of both palm vein and wrist vein datasets. The number of volunteers in the database is 50 but samples were taken from both hands to make a total of 100 classes, as each hand is taken as a different entity. Consequently, a total of 1200 images taken in three separate sessions of four images per entity are in each dataset. Similarly, only palm vein dataset is used in this study.

VERA Palmvein Database [6] consists of 2200 images acquired from 110 volunteers among whom 63.64% were men and an age average of 33 years. Five images were taken from each hand of all volunteers in two sessions. Image capturing was performed in two separate locations; about 70% was captured in the first location, while the rest was captured in the second location.

### 4.2. Data Preparation

A large number of samples is necessary for training deep learning models in order to ensure proper training. Consequently, there is a need to increase the number of samples for all the datasets. Keras data generator which generates more images by altering input images' rotation, shear, width shift, height shift, zoom and brightness was used for this purpose [10]. This increased the number of samples to 6400 in FYO, 6000 in PUT and 5500 in VERA.

The test and training datasets were divided as follows:

- FYO: Training-set: 5760 (18 samples per entity), Test-set: 640 (2 samples per entity)
- PUT: Training-set: 5400 (54 samples per entity), Test-set: 600 (6 samples per entity)
- VERA: Training-set: 4950 (45 samples per entity), Testset: 550 (5 samples per entity).

### 4.3. Experiment on Proposed System

The resultant effect of reducing the number of filters per convolutional layer is the computation time which was reduced by approximately 450% with epochs for each training fixed at 30. Training time for the datasets with the original and the modified models are presented in Table 3.

The results in Table 4 show that the models still perform well even with the high reduction in the amount of filters with approximately 96% average accuracy. On the other hand, the proposed method of combining the decisions of the three modified models outperformed the individual models, showing a more reliable model with 99.06% accuracy in FYO dataset, the 99.83% and 99.26% accuracy in PUT and VERA datasets, respectively.

Table 4. Experimental Results (Accuracy(%))

Experiment	FYO	PUT	VERA
AlexNet	90.53	94.33	98.53
VGG16	94.50	97.67	98.72
VGG19	96.09	97.67	94.50
Proposed method	99.06	99.83	99.26

## 5. Conclusions and Recommendations

This study introduces a palm vein recognition approach with the fusion of three deep learning algorithms. The study presented a comparison of the efficiency of three prominent CNN models (VGG16, VGG19 and AlexNet) in palm vein biometrics using three datasets, namely FYO, PUT and VERA databases. Comparable results were obtained across all three models. Additionally, Decision-Level Fusion of the three models was proposed in this study. The results showed significant increase in accuracy in the proposed system as 99.06%, 99.26% and 99.83% accuracy on FYO, VERA and PUT datasets, respectively. As a future work, subsequent research can be done on implementing similar person authentication with other hand vein traits including wrist vein, finger vein and dorsal vein. Other deep learning models as well as other algorithms for pattern recognition can also be used for palm vein biometrics.

## 6. Acknowledge

Three databases were very instrumental to the outcome of this study; FYO database which is available online at <https://fyo.emu.edu.tr/en>, PUT Vein Pattern Database was gotten from CIE Biometrics, while VERA Palmvein Database was gotten from Idiap Research Institute in Martigny and Haute Ecole Sp'ecialis'ee de Suisse Occidentale, Switzerland.

## References

- [1]. Toygar, O., Babalola, F. & Bitirim, Y. (2020). FYO: A Novel Multimodal Vein Database With Palmar, Dorsal and Wrist Biometrics. *IEEE Access*, 8, pp.82461-82470. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991475>.
- [2]. Simonyan, K. & Zisserman A. (2015). Very Deep Convolutional Networks for Large-scale Image Recognition. In *Int. Conf. on Learning Representations (ICLR)*, San Diego, CA, USA, pp. 1–14.
- [3]. Ha, I., Kim, H., Park, S. & Kim, H. (2018). Image retrieval using BIM and features from pretrained VGG network for indoor localization. *Building and Environment*, 140, pp.23-31. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.026>.
- [4]. Krizhevsky, A., Sutskever, I. & Hinton, G. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), pp.84-90. <https://doi.org/10.1145/3065386>.
- [5]. Kabaciński, R. & Kowalski, M. (2011). Vein pattern database and benchmark results. *Electronics Letters*, 47(20), p.1127.
- [6]. Tome, P. & Marcel, S. (2015). On the vulnerability of palm vein recognition to spoofing attacks. In: *Proceedings of 2015 International Conference on Biometrics, ICB*, pp. 319-325, <https://doi.org/10.1109/ICB.2015.7139056>.
- [7]. Sharma, S., Dubey, S., Singh, S., Saxena, R. & Singh, R. (2015). Identity verification using shape and geometry of human hands. *Expert Systems with Applications*, 42(2), pp.821-832. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.052>.
- [8]. Sidiropoulos, G., Kiratsa, P., Chatzipetrou, P. & Papakostas, G. (2021). Feature Extraction for Finger-Vein-Based Identity Recognition. *Journal of Imaging*, 7(5), p.89. <https://doi.org/10.3390/jimaging7050089>.
- [9]. Nadiya, K. & Gopi, V. P. (2020). Dorsal Hand Vein Biometric Recognition Based on Orientation of Local Binary Pattern. *2020 IEEE-HYDCON*, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/HYDCON48903.2020.9242879>.
- [10]. Babalola, F., Bitirim, Y. & Toygar, Ö. (2020). Palm vein recognition through fusion of texture-based and CNN-based methods. *Signal, Image and Video Processing*, 15(3), pp.459-466.
- [11]. Zhang, L., Cheng, Z., Shen, Y. & Wang, D. (2018). Palmprint and Palmvein Recognition Based on DCNN and A New Large-Scale Contactless Palmvein Dataset. *Symmetry*, 10(4), p.78.
- [12]. Wu, K., Lee, J., Lo, T., Chang, K. & Chang, C. (2013). A secure palm vein recognition system. *Journal of Systems and Software*, 86(11), pp.2870-2876. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.06.065>.
- [13]. Wang, P. & Sun, D. (2016). A research on palm vein recognition. *2016 IEEE 13th International Conference on Signal Processing (ICSP)*, pp. 1347-1351, <https://doi.org/10.1109/ICSP.2016.7878046>.
- [14]. Prasanthi, B.V., Hussain, S. M., Kanakam, P. & Chakravarthy, A. (2015). Palm Vein Biometric Technology: An Approach to Upgrade Security in ATM Transactions. *International Journal of Computer Applications*. 112, pp. 975-8887, <https://doi.org/10.5120/19691-1440>.
- [15]. Watanabe, M., Endoh, T., Shiohara, M., & Sasaki, S. (2005). Palm vein authentication technology and its applications. In: *Proceedings of the Biometric Consortium Conference*, pp. 37-38.
- [16]. Lee, J. (2012). A novel biometric system based on palm vein image. *Pattern Recognition Letters*, 33(12), pp.1520-1528.
- [17]. Han, W. & Lee, J. (2012). Palm vein recognition using adaptive Gabor filter. *Expert Systems with Applications*, 39(18), pp.13225-13234.
- [18]. Shah, G., Shirke, S., Sawant, S. & Dandawate, Y. (2015). Palm vein pattern-based biometric recognition system. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 51(2), p.105.
- [19]. Athale, S., Patil, D., Deshpande, P. & Dandawate, Y. (2015). Hardware Implementation of Palm Vein Biometric Modality for Access Control in Multilayered Security System. *Procedia Computer Science*, 58, pp.492-498.



# Güven Bölgesi Çerçevesi Tekniği ile MIMO Anten Dizisi Optimizasyonu ve SAR Hesaplaması

Ahmet Turgut<sup>1\*</sup>, Begüm Korunur Engiz<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6729-0266)  
[ahmet.turgut@omu.edu.tr](mailto:ahmet.turgut@omu.edu.tr)

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3905-1791),  
[bkengiz@omu.edu.tr](mailto:bkengiz@omu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1023275)

**ATIF/REFERENCE:** Turgut, A. & Korunur Engiz, B. (2021). Güven Bölgesi Çerçevesi Tekniği ile MIMO Anten Dizisi Optimizasyonu ve SAR Hesaplaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 243-247.

## Öz

Bu çalışmada, 5. nesil akıllı telefonlarda çoklu giriş çoklu çıkış (multiple-input multiple-output, MIMO) uygulamalar için 6 GHz altı spektrumda (LTE bantları 42/43 ve LTE bandı 46) çalışan bir anten dizisi optimize edilerek özgül soğurma oranı (Specific Absorbition Rate, SAR) değerleri hesaplanmıştır. Güven bölgesi Çerçevesi Optimizasyonu (Trust Region Framework) kullanılarak anten yeniden boyutlandırılmıştır. Elde edilen yeni anten boyutlarıyla, -6 dB'deki bant genişlikleri, LTE 42/43 ve LTE 46 bant genişliklerine daha yakın değerlerle elde edilmiştir. S-parametrelerinde gerekli iyileştirmeler yapılan 10'lu anten dizisi ve hesaplamalı yetişkin erkek, yetişkin kadın ve çocuk modelleri kullanılarak, özgül soğurma oranı (Specific Absorbition Rate, SAR) değerleri benzetimlerle hesaplanmış; yaş, cinsiyet ve doku kaynaklı farklılıklar belirlenmiştir. SAR hesaplamaları 3600 MHz ve 5537.5 MHz frekanslarında, her bir anten elemanı için ayrı ayrı gerçekleştirilerek, tüm kafa bölgesinde, beyin, deri ve kemik dokularında oluşan SAR değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. 3600 MHz frekansında tüm kafa bölgesinde oluşan en yüksek SAR(10g) değerleri sırasıyla çocuk, yetişkin erkek ve yetişkin kadın modelleri için 1.7 W/kg, 1.19 W/kg ve 0.39 W/kg olarak hesaplanmıştır. 5537.5 MHz frekansında ise, en yüksek SAR(10g) değeri yetişkin kadın ve erkek için 0.81 W/kg iken bu değer çocuk modeli için 0.67 W/kg'dır. Beyin, deri ve kemik dokuları için ise SAR(10g) değerleri sırasıyla 0.26-1.7 W/kg, 0.30-1.7 W/kg ve 0.39-1.7 W/kg arasında değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** MIMO, Anten Dizisi, 5. Nesil, Güven Bölgesi Çerçevesi, Özgül Soğurma Oranı

## MIMO Antenna Array Optimization with Trust Region Framework Technique and SAR Calculation

### Abstract

In this study, an antenna array operating in the sub-6 GHz spectrum (LTE bands 42/43 and LTE band 46) for multiple-input multiple-output (MIMO) applications on 5G smartphones was optimized and the specific absorption rate (SAR) values have been calculated. Antenna resized using Trust Region Framework Optimization. With the new antenna dimensions obtained, bandwidths at -6 dB were achieved with values closer to LTE 42/43 and LTE 46 bandwidths. The specific absorption rate (SAR) values were calculated using the antenna array whose s-parameters were optimized and computational adult male, adult female and child models through simulations; age, gender and tissue related differences were determined. SAR calculations were performed separately for each antenna element at 3600 MHz and 5537.5 MHz frequencies, and the SAR values in the entire head region, brain, skin and bone tissues were compared. The highest SAR(10g) values in the entire head region at 3600 MHz were calculated as 1.7 W/kg, 1.19 W/kg and 0.39 W/kg for the child, adult male and adult female models, respectively. At the frequency of 5537.5 MHz, the highest SAR(10g) value is 0.81 W/kg for adult men and women, while this value is 0.67 W/kg for the child model. The SAR(10g) values for brain, skin and bone tissues vary between 0.26-1.7 W/kg, 0.30-1.7 W/kg and 0.39-1.7 W/kg, respectively.

**Keywords:** MIMO, Antenna Array, 5G, Trust Region Framework, Specific Absorbition Rate

\* Sorumlu Yazar: [ahmet.turgut@omu.edu.tr](mailto:ahmet.turgut@omu.edu.tr)



## 1. Giriş

Günümüzde akıllı telefonlar iletişim özelliklerinin yanında, nesnelerin interneti (IoT), eğlence, finansal hizmetler ve navigasyon gibi çok yönlü işlevleri nedeniyle giderek daha popüler hale gelmektedir (Kumar et al., 2021). Bu nedenle çok sayıda hizmeti desteleyen haberleşme sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Çoklu giriş çoklu çıkış (multiple-input multiple-output, MIMO) teknolojisi, çok yönlü girişimin olumsuz etkilerini azaltma ve sistem kapasitesini artırma özellikleriyle yaygın olarak kullanılmaktadır. MIMO teknolojisi, çok sayıda antenin tek bir kablosuz cihaza yerleştirilmesinden oluşmaktadır ve beşinci nesil (fifth generation, 5G) iletişim sistemlerinin gerçekleştirilmesi için önemli bir teknolojidir. Bununla birlikte, kablosuz iletişim teknolojilerinin ilerlemesi genel halkın daha yüksek seviyelerde elektromanyetik (EM) dalgalara maruz kalma durumunu beraberinde getirmektedir. Bu nedenle radyo frekansında, EM dalgaların insan sağlığı üzerinde olası etkilerinin tespit edilmesi gerekmektedir. İnsan vücudu tarafından emilen EM enerji miktarı olan özgül soğurma oranı (Specific Absorbtion Rate, SAR) değeri, bu tespit yapılabilmesi için son derece önemlidir.

5G akıllı telefonlar için, portlar arasında yüksek izolasyon ve verimliliğe sahip kompakt, geniş bantlı anten sistemleri gerekmektedir (Sun et al., 2018). Yakın geçmişte, 6 GHz altı spektrum için, 5G akıllı telefonlar için çeşitli MIMO anten sistemleri önerilmiştir (Parchin et al., 2019; Li et al., 2017; Zhao et al., 2018; Wong et al., 2016). Bu çalışmalarda sunulan akıllı telefon antenleri, baskılı devre kartında geniş alan kaplamaktadır. Bunun yanında, bant genişliğinin az olması (<200 MHz) ve tek bantlı çalışmaya olanak tanınması nedeniyle sistem karmaşıklığı artmakta ve üretim zorlaşmaktadır. 5G akıllı telefonlarda kullanılan antenlerin, daha iyi MIMO performansı sergileyebilmesini sağlamak ve anten sayısını artırmak için daha küçük boyutlarda tasarlanması gerekmektedir. Sistem kartında fazla sayıda anten olması durumu ise genel sistemi bozmasının yanında ciddi izolasyon problemlerine sebep olmaktadır. (Zou et al., 2018; Dong et al., 2020; Li et al., 2018)'da incelenen antenlerin çoğu, -6 dB'den küçük yansıma katsayısına sahipken, 13 dB'den daha iyi izolasyon değerlerine sahiptir. (Zou et al., 2018)'de 3400 MHz-3600 MHz ve 5150 MHz-5925 MHz frekans aralıklarında çalışan sekiz portlu bir MIMO anten sistemi önerilmektedir. Bu anten alt bantta -10 dB bant genişliği sağlarken, yüksek bantta -6 dB empedans bant genişliği sunmaktadır. LTE 42 ve LTE 43'ü kapsayabilen geniş bir empedans bant genişliği elde etmek için tasarlanan 10'lu anten dizisi (Wong et al., 2015)'de önerilmiştir. Bu 10'lu anten dizisinin 20 dB sinyal gürültü oranındaki (Signal to Noise Ratio, SNR) 10×10 MIMO kanal kapasitesi, 47 bps/Hz'e kadar ulaşabilmektedir.

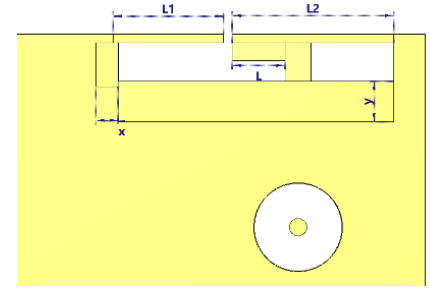
Bu çalışmada (Li et al., 2018)'de tasarlanan ve gerçekleştirilen çok bantlı ve çok modlu 10'lu anten dizisi güven bölgesi çerçevesi (Trust Region Framework) optimizasyonu kullanılarak CST (Computer Simulation Technology) ortamında yeniden boyutlandırılmış ve bu yeni anten dizisi SAR hesaplamalarında kullanılmıştır. Her bir dizi elemanı çift modlu T şeklinde bir yuva anteninden oluşan bu anten, düşük bantta LTE 42/43'ü (3400-3800 MHz), yüksek bantta ise LTE 46'yı (5150-5925 MHz) desteklemektedir. Gerçekleştirilen optimizasyonun ardından, 10'lu anten dizisi için SAR değerleri hesaplanmıştır.

Akıllı telefonlardan kaynaklanan SAR değerleri ve bu değerlerin azaltılmasına yönelik anten tasarımı içeren çalışmalarda SAR değerleri genellikle fantom kullanılarak hesaplanmıştır (Koga et al., 2016; Zhao et al., 2013) ve SAR değerlerini anatomik olarak gerçekçi hesaplamalı insan modellerinde inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Takei et al., 2017). Bu nedenle bu çalışmada 10'lu anten dizisinin SAR değerleri, 3600 MHz ve 5537.5 MHz frekanslarında yetişkin erkek, yetişkin kadın ve çocuk hesaplamalı insan modellerinde tüm kafa ve farklı dokular (beyin, deri ve kemik) için hesaplanmış, sonuçlar karşılaştırılmış ve böylece yaş, cinsiyet ve doku kaynaklı farklılıklar belirlenmiştir.

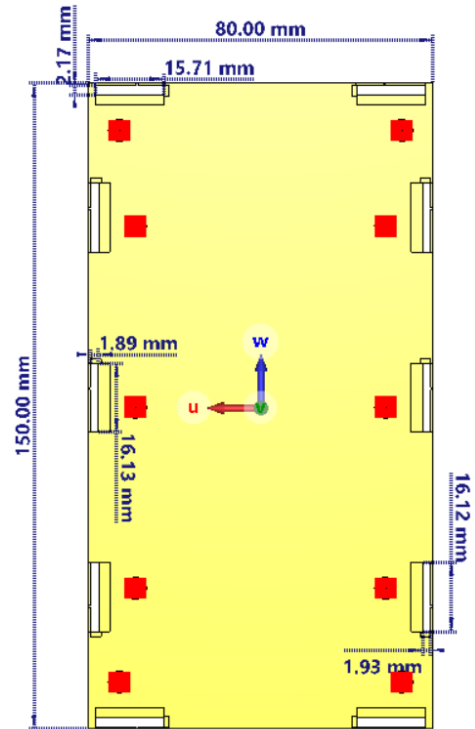
## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Anten Geometrisi

Bu çalışmada, güven bölgesi çerçevesi algoritması kullanılarak (Li et al., 2018)'de tasarlanan 10'lu anten dizisinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu anten dizisinin her bir elemanı yarı (slot) antendir ve LTE 42/43 ve LTE 46 bantlarında çalışmaktadır. Optimizasyon işleminden önce Şekil 1.a'da verilen örnek anten elemanındaki, s-parametrelerinde değişime neden olabilen uzunluklar belirlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1. a) Yarı anten elemanının detaylı görünümü b) 10'lu anten dizisinin genel yapısı

L1-L2 uzunluklarındaki dar şerit kısmını ve bu uzunluklara bağlı olarak L uzunluğundaki besleme şeridinin kısa ayar bölümünü oluşturan parça boyutları benzetim programında rahatlıkla değiştirilebilecek hale getirilmiştir. Bunun yanında boşluk ölçülerinde değişkenliği sağlayabilmek için; Şekil 1.a'da görüldüğü gibi, x mm uzunluğunda ve y mm genişliğinde parçalar toprak bölümünden ayrılmıştır. Bu işlemler anten dizisini oluşturan her bir anten elemanı için uygulanmıştır. Güven bölgesi çerçevesi optimizasyonuna değişken olarak girilen L1, L2, x ve y uzunlukları program tarafından sistematik olarak değiştirilerek, 3400 MHz-3600 MHz ve 5150 MHz-5925 MHz frekans aralıklarında çalışan anten için daha uygun s-parametreleri elde edilmiştir. Optimizasyon sonucunda yeni boyutları belirlenen antenin geometrisi ve fiziksel boyutları Şekil 1.b'de verilmiştir. Anten dizisini oluşturan elemanlar; kayıplı FR4 taban malzemesinin (bağlı geçirgenlik: 4.3 ve kayıp tanjantrı: 0.025) üst, alt, sağ ve sol kenarlarında bulunmaktadır. Taban malzemesinin boyutları (150 mm x 80 mm x 0.8 mm) olup, 5.7 inç akıllı telefonlarla uyumludur.

### 2.1.1. Yarık Antenin Özellikleri ve Optimizasyonu

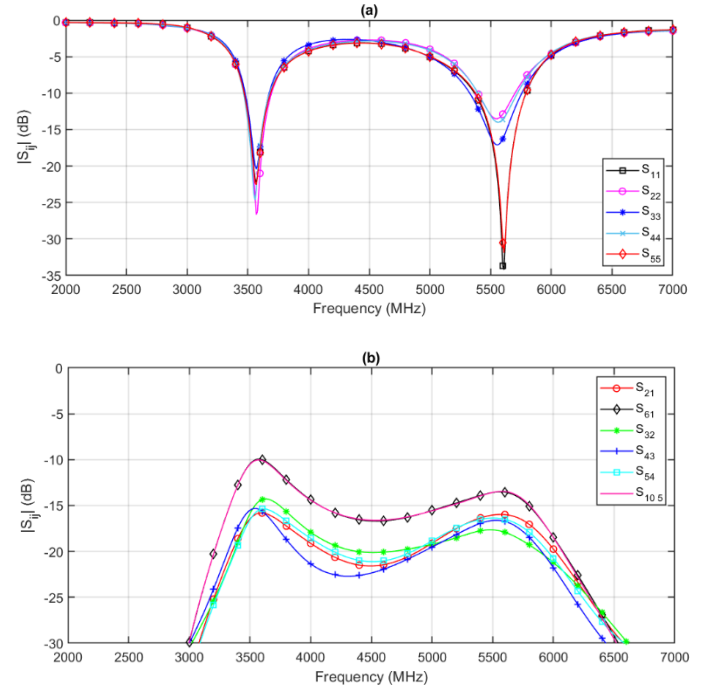
Tasarımda referans alınan MIMO siteminde, antenlerin ana yayıcı olarak çalışması için toprak düzlemi üzerinde 16 mm x 2.5 mm boyutlarında, dikdörtgen şeklinde boşluklar açılmış PCB'nin kenarı boyunca oluşturulan 0,5 mm x 0,5 mm boyutlarındaki açıklıklar ile boşluğun T şeklini alması sağlanmıştır. Böylece bu şerit, L1 uzunluğunda kısa ve L2 uzunluğunda uzun şeritten oluşan iki bölüme ayrılmıştır. Referans antenin yeni boyutları güven bölgesi çerçevesi optimizasyonu ile belirlenirken 0,5 mm x 0,5 mm boyutlarındaki açıklık sabit tutulmuş, her bir yarık anten elemanında x, y, L1, L2 ve L değerleri hesaplanmıştır. Optimizasyon sonucunda elde edilen x, y, L1, L2 ve L değerleri Tablo 1'de verilmiştir. 10'lu anten dizisi düşük ve yüksek bantlarda çalışacağı için, her bir yarık anten elemanı için parametreleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Boyutları yeniden hesaplanan bu anten dizisinin yatay ve dikey ekseninde simetrik olduğu için, dizinin sol tarafında yer alan antenlere ilişkin uzunluklar Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Her bir anten için yarık boyutları

Parametreler	x (mm)	y (mm)	L (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
Anten 1	1.29	2.33	3	6	9.20
Anten 2	1.08	2.57	3.71	5.71	9.91
Anten 3	0.97	2.61	3.81	5.72	9.91
Anten 4	1.08	2.57	3.71	5.71	9.91
Anten 5	1.29	2.33	3	6	9.20

Optimize edilen MIMO anten dizisinin s-parametreleri (yansımaya katsayıları ve iletim katsayıları) CST STUDIO SUITE 2021 programıyla hesaplanmış ve Şekil 2. a'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, sırasıyla düşük bant ve yüksek bant kapsayacak şekilde yaklaşık olarak 3600 MHz ve 5537.5 MHz frekanslarında iki farklı rezonans modu oluşturulmuştur. -6 dB'deki (3:1 voltaj duran dalga oranı, VSWR) empedans bant genişlikleri sırasıyla 3401.7 MHz-3836.7 MHz ve 5084.9 MHz-5927.1 MHz'dir. Bu bant genişlikleri, anten dizisinin kapsamı beklenen bantlarda (LTE 42/43 ve LTE46), optimizasyon öncesine göre (3386 MHz-3830 MHz ve 5078 MHz-5984 MHz) daha uygun değerlerin elde edildiğini ortaya koymaktadır. Şekil 2. b'de ise yüksek bant boyunca izolasyonların 13.454 dB'den, düşük bantta ise 9.9432 dB'den daha iyi olduğu görülmektedir. Bu değerler 5G MIMO antenler için kabul edilebilir değerlerdir.

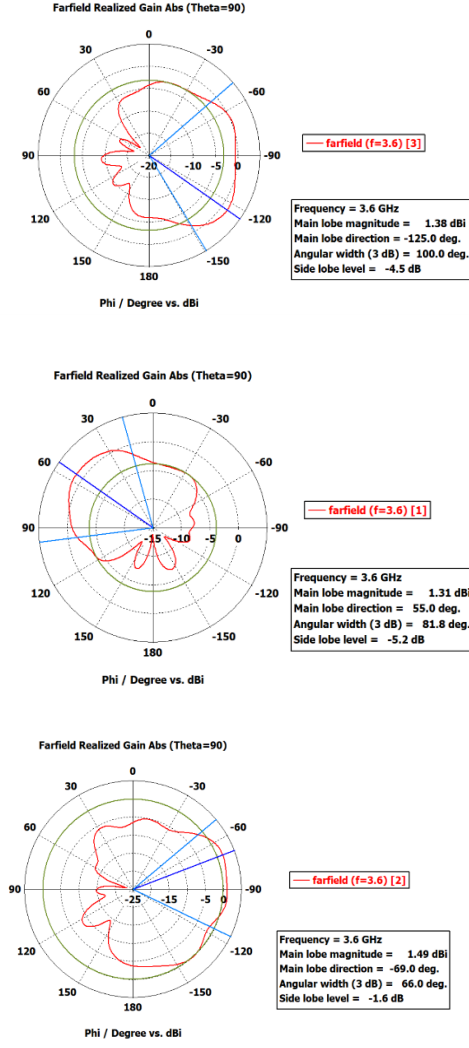
Şekil 2'den de görüldüğü gibi, yeni MIMO anten dizisinin empedans bant genişliği ve izolasyon seviyeleri oldukça iyidir ve optimizasyon işlemi ile referans antene göre (Li et al., 2018) iyileşme sağlanmıştır.



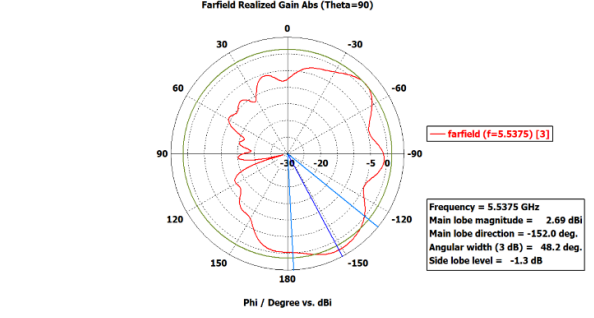
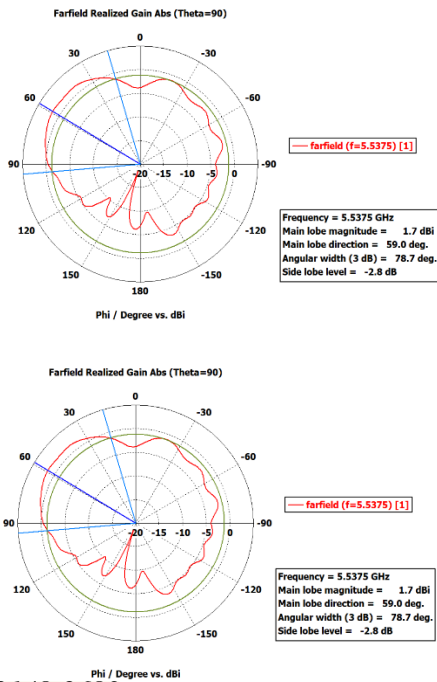
Şekil 2. Benzetim sonucunda elde edilen s-parametreleri (a) Yansımaya katsayıları (b) İletim katsayıları

### 2.1.2. Güven Bölgesi Çerçevesi Optimizasyonu

Anten tasarımında kullanılan güven bölgesi çerçevesi optimizasyonu ile başlangıç noktasının çevresindeki bir "güven" bölgesinde, birincil veriler üzerinden doğrusal bir model oluşturulmaktadır. Modellenen çözüm, verilerin doğru bir modeline yakınsayana kadar yeni başlangıç noktası olarak kullanılmakta, benzetim sayısını azaltmak ve optimizasyon sürecini hızlandırmak için s-parametresi hassasiyet bilgisinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, 10'lu anten dizisine ait her bir yarık anten elemanı için -6 dB'deki bant genişliklerinin 3400 MHz-3800 MHz ve 5150 MHz-5925 MHz frekans bantlarına en yakın değerlerde olması ve yansımaya katsayılarının (S<sub>11</sub>, S<sub>22</sub>,..., S<sub>1010</sub>) daha uygun değerlerde olması hedeflenmiştir. Bu amaç için, x, y, L, L1 ve L2 değerleri güven bölgesi çerçevesi algoritması kullanılarak değiştirilmiş ve en uygun uzunluklar belirlenmiştir. Deneme yanılma yöntemine alternatif olarak kullanılacak, en uygun sonuca çok daha hızlı ve sistematik bir biçimde ulaşmayı sağlayan bu optimizasyon yöntemi ile farklı anten geometrilerinde istenen frekans aralıklarına en uygun s-parametrelerinin elde edilebileceği gösterilmiştir. Şekil 3'de optimizasyonu yapılan yeni 10'lu anten dizisinin, xy düzleminde 3600 MHz'de, Şekil 4'de 5537.5 MHz'de farklı boyuttaki üç anten elemanının benzetim yoluyla elde edilen ışınma örüntüleri verilmiştir. Önerilen yeni anten simetrik olduğundan, diğer anten bileşenlerinin ışınma örüntülerine yer verilmemiştir. Şekilden görüldüğü gibi üç anten elemanı da çalışma bant genişliği üzerinde çok yönlü ışınma örüntüsüne sahiptir.



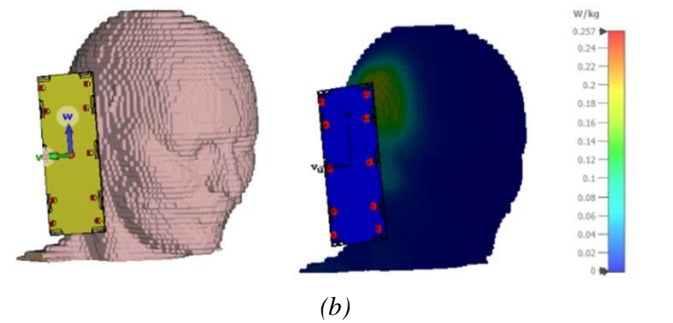
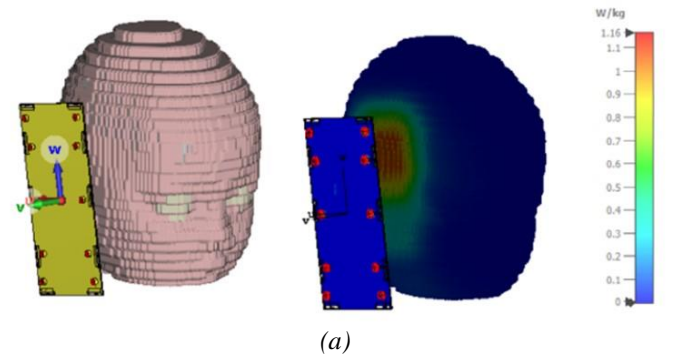
Şekil 3. 3600 MHz'de 3 farklı yarık anten elemanı için, iki boyutlu ışınma örüntüsü



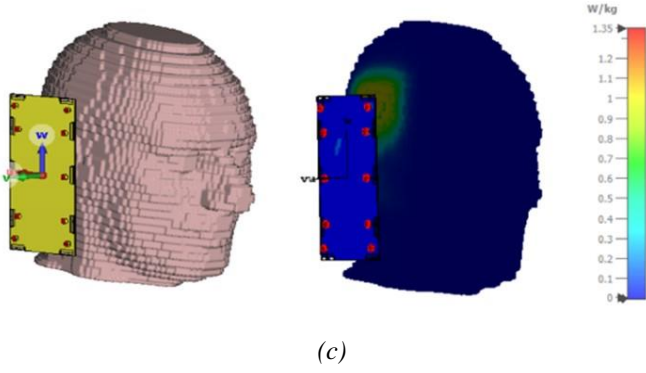
Şekil 4. 5537.5 MHz'de 3 farklı yarık anten elemanı için, iki boyutlu ışınma örüntüsü

### 3. Benzetim Sonuçları

Bu çalışmada, benzetimi yapılan yeni 10'lu anten dizisinin SAR (10g) hesaplamaları, farklı hesaplamalı insan modelleri, farklı dokular ve frekanslar için (3600 MHz ve 5537.5 MHz) CST STUDIO SUITE 2021 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. EM alan kaynağı olarak kullanılan anten dizisi, her bir insan modeli için kulağa aynı uzaklık ve açıda (konuşma pozisyonunda) yerleştirilmiş ve aynı güç değeri için SAR (10g) değerleri hesaplanmıştır. Frekansa bağlı olarak SAR (10g) değerlerinin doğru biçimde hesaplanabilmesi için hesaplamalı insan modellerine ait tüm dokuların dielektrik özellikleri çalışma frekansına uygun olarak değiştirilmiştir. Tablo 2'den görüldüğü gibi, tüm kafa için 3600 MHz'de hesaplanan SAR (10g) değeri çocuk hesaplamalı insan modelinde, yetişkin erkek ve kadına göre daha yüksektir. 5537.5 MHz frekansında ise yetişkin erkek beyinde, yetişkin kadına göre %4.16 oranında daha yüksek SAR (10g) değeri elde edilirken, çocuk modeli için bu oran %11.11 dir. Tablo 2'de yer alan değerler incelendiğinde, SAR (10g) değerlerinin dokuların dielektrik özelliklerine bağlı olarak değişimi de rahatlıkla gözlemlenmektedir.







Şekil 5. Hesaplamalı insan modelleri için SAR (10g) dağılımı a) Çocuk (Child) b) Kadın (Laura) c) Erkek (Gustav)

Tablo 2. Tüm Kafa ve Dokular İçin SAR (10g) Değerleri

	3600 MHz				5537.5 MHz			
	SAR(10g) W/kg				SAR(10g) W/kg			
	Tüm Kafa	Beyin	Kemik	Deri	Tüm Kafa	Beyin	Kemik	Deri
Yetişkin Erkek	1.19	0.89	1.05	1.19	0.81	0.5	0.73	0.81
Yetişkin Kadın	0.39	0.26	0.299	0.39	0.81	0.48	0.81	0.81
Çocuk	1.7	1.7	1.7	1.7	0.67	0.45	0.55	0.67

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, (Li et al., 2018)'de verilen ve 3400 MHz–3600 MHz ve 5150 MHz–5925 MHz frekans aralıklarında çalışan, 10-portlu bir MIMO anten sisteminin optimizasyonu güven aralığı çerçevesi algoritması ile yapılmış ve LTE 42/43 ve LTE 46 bantlarında uygun yansıma katsayıları elde edilmiştir. Yeniden boyutlandırılan anten dizisi ve farklı hesaplamalı insan modelleri kullanılarak SAR(10g) hesaplamaları CST kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, genel olarak tüm hesaplamalı insan modellerinde en yüksek etkinin deri dokusunda olduğu, bunu kemik ve beyin dokularının izlediği görülmüştür. Kemik dokusu için 3600 MHz frekansında en yüksek SAR(10g) değeri çocuk hesaplamalı insan modelinde görülürken, 5537.5 MHz frekansında en yüksek değer yetişkin kadın hesaplamalı insan modelinde gözlemlenmiştir. Hesaplanan SAR(10g) değerlerinin ICNIRP tarafından belirlenen limit değerden (2 W/kg) daha düşük olduğu belirlenmiştir.

#### Kaynakça

- Dong, J., Wang, S., & Mo, J. (2020). Design of a twelve-port mimo antenna system for multi-mode 4g/5g smartphone applications based on characteristic mode analysis. *IEEE Access*, 8, 90751-90759.
- Koga, Y., Kai, M., Fujieda, K., & Egawa, H. (2016, September). Design of a low SAR multiband antenna for mobile applications. In *2016 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)* (pp. 47-50). IEEE.
- Kumar, D. R., Babu, G. V., Narayan, K. S., & Raju, N. (2021). Investigation of 10-port coupled fed slotted MIMO antenna system for 5G mobile handset. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, 1-14.
- Li, M. Y., Ban, Y. L., Xu, Z. Q., Guo, J., & Yu, Z. F. (2017). Tri-polarized 12-antenna MIMO array for future 5G smartphone applications. *IEEE Access*, 6, 6160-6170.
- Li, Y., Luo, Y., & Yang, G. (2018). Multiband 10-antenna array for sub-6 GHz MIMO applications in 5-G smartphones. *IEEE access*, 6, 28041-28053.
- Parchin, N. O., Al-Yasir, Y. I. A., Ali, A. H., Elfergani, I., Noras, J. M., Rodriguez, J., & Abd-Alhameed, R. A. (2019). Eight-element dual-polarized MIMO slot antenna system for 5G smartphone applications. *IEEE access*, 7, 15612-15622.
- Sun, L., Feng, H., Li, Y., & Zhang, Z. (2018). Compact 5G MIMO mobile phone antennas with tightly arranged orthogonal-mode pairs. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(11), 6364-6369.
- Takei, R., Nagaoka, T., Saito, K., Watanabe, S., & Takahashi, M. (2017). SAR variation due to exposure from a smartphone held at various positions near the torso. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 59(2), 747-753.
- Wong, K. L., & Lu, J. Y. (2015). 3.6-GHz 10-antenna array for MIMO operation in the smartphone. *Microwave and Optical Technology Letters*, 57(7), 1699-1704.
- Wong, K. L., Lu, J. Y., Chen, L. Y., Li, W. Y., & Ban, Y. L. (2016). 8-antenna and 16-antenna arrays using the quad-antenna linear array as a building block for the 3.5-GHz LTE MIMO operation in the smartphone. *Microwave and Optical Technology Letters*, 58(1), 174-181.
- Zhao, K., Zhang, S., Ying, Z., Bolin, T., & He, S. (2013). SAR study of different MIMO antenna designs for LTE application in smart mobile handsets. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 61(6), 3270-3279.
- Zhao, X., Yeo, S. P., & Ong, L. C. (2018). Decoupling of inverted-F antennas with high-order modes of ground plane for 5G mobile MIMO platform. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(9), 4485-4495.
- Zou, H., Li, Y., Sim, C. Y. D., & Yang, G. (2018). Design of 8×8 dual-band MIMO antenna array for 5 G smartphone applications. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 28(9), e21420.





# Selection of Indoor Positioning Technology in Shipyards by Fuzzy MULTIMOORA and Fuzzy COPRAS Methods

İbrahim Çil<sup>1\*</sup>, Hilal Kılınç<sup>2</sup>, Ekrem Özgürbüz<sup>3</sup>, Muharrem Ünver<sup>4</sup>, Nalan Özkurt<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya/Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1290-3704), [icil@sakarya.edu.tr](mailto:icil@sakarya.edu.tr)

<sup>2</sup>Sedef Gemi A.Ş., Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Tuzla, İstanbul / Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6348-9753), [hilal.kilinc@sedefshipyard.com](mailto:hilal.kilinc@sedefshipyard.com)

<sup>3</sup>SistematiKOTVT, İstanbul / Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6174-9221), [ekrem.ozgurbuz@sistematiKotvt.com](mailto:ekrem.ozgurbuz@sistematiKotvt.com)

<sup>4</sup>Karabük Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük/Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7587-6849), [muharremunver@karabuk.edu.tr](mailto:muharremunver@karabuk.edu.tr)

<sup>5</sup>Yaşar Üniversitesi, Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7970-198X), [nalan.ozkurt@yasar.edu.tr](mailto:nalan.ozkurt@yasar.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018368)

**ATIF/REFERENCE:** Çil, İ., Kılınç, H., Özgürbüz, E., Ünver, M. & Özkurt, N. (2021). Selection of Indoor Positioning Technology in Shipyards by Fuzzy MULTIMOORA and Fuzzy COPRAS Methods. *European Journal of Science and Technology*, (29), 248-254.

## Abstract

GPS (Global Positioning Systems), which have been successfully used to locate and track assets in open areas, cannot show the same performance in closed environments. In cases where GPS cannot provide accurate enough data indoors, indoor positioning systems (IMKS) are being developed. These technologies provide services based on Infrared, Ultrasonic sound and Radio frequency based technologies. Each of indoor positioning technologies suited to be used for specific purposes, although the areas of the shipyard in difficult conditions like all living and inanimate objects required for positioning and monitoring the accuracy, reliability, cost, energy consumption, scalability, and developed a technology that allows other requests could not be convenient. Some technologies perform very well in Energy consumption, while others may be better in terms of coverage area. Therefore, the choice of indoor positioning technology comes across as a multi-purpose decision problem. Among the IMK technologies for shipyard sites with heavy and large medal blocks and other signal interrupting obstacles, it seems that radio frequency-based systems may be more suitable from the point of view of the shipyard site than other technologies. Therefore, in this article, a multi-criteria decision model is being developed to determine which radio-based technologies will be used as Indoor Positioning Technology in Shipyards, and the problem is being solved with Fuzzy MULTIMOORA and Fuzzy COPRAS Methods. An application is being carried out at the SEDEF shipyard.

**Keywords:** Shipyard, Indoor positioning, Fuzzy Multi-Criteria Group Decision Making Method, Fuzzy MULTIMOORA, Fuzzy COPRAS.

## Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS Yöntemleriyle Tersanelerde İç Mekân Konumlandırma Teknolojisi Seçimi

### Öz

Açık alanlarda varlıkların yerini bulmada ve takip etmede başarılı bir şekilde kullanılan GPS (Küresel Konumlandırma Sistemleri) aynı performansı kapalı ortamlarda gösterememektedir. İç mekanlarda GPS'in yeterince kesin veri sağlayamadığı durumlarda, iç mekan konumlandırma sistemleri (IMK) geliştirilmektedir. Bu teknolojiler Kızılötesi, Ultrasonik ses ve Radyo frekansı tabanlı teknolojilere dayalı olarak hizmet sunmaktadırlar. İç mekan konumlandırma teknolojilerinin her birinin belirli amaçlar için kullanılması uygun olsa da, tersane sahası gibi zorlu koşullarda canlı ve cansız tüm nesnelerin konumlandırılması ve takibi için gereken doğruluğu, güvenilirliği, maliyeti, enerji tüketimini, ölçeklenebilirliği ve diğer istekleri sağlayan uygun bir teknoloji geliştirilememiştir. Bazı teknolojiler Enerji tüketiminde çok iyi performans sergilerken, bazıları kapsam alanı açısından daha iyi olabilmektedirler. Bu nedenle, İç mekan konumlandırma teknoloji seçimi çok amaçlı bir karar problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağır ve büyük medal blokların ve diğer sinyal kesici engellerin olduğu tersane sahaları için İMK teknolojiler içerisinde, radyo frekansı tabanlı sistemler diğer teknolojilere göre tersane sahası açısından daha uygun olabilecekleri görülmektedir. Bu nedenle bu makalede radyo tabanlı teknolojilerin hangisinin Tersanelerde İç Mekân Konumlandırma Teknolojisi olarak kullanılacağını belirlemek için çok ölçütlü bir karar modeli geliştirilmekte ve Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS Yöntemleriyle problem çözülmeye çalışılmaktadır. SEDEF tersanesinde bir uygulama gerçekleştirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tersane, İç mekan konumlandırma, Bulanık Çok Kriterli Grup Karar Verme, Bulanık MULTIMOORA, Bulanık COPRAS.

\* Sorumlu Yazar: [icil@sakarya.edu.tr](mailto:icil@sakarya.edu.tr)

## 1. Introduction

İç Mekan Konumlandırma (İMK), canlı yada cansız nesnelerin iç mekanlardaki konumlarını belirlemek ve hareketlerini takip etmek için kullanılan sistemleridir [1]. İMK sistemleri, GPS veya uydu gibi geleneksel teknolojilerin yetersiz kaldığı kapalı alanlarda konum izleme hizmetleri sağlamak üzere birbirine bağlı cihazların oluşturduğu bir ağıdır. İç mekanlarda uydu sistemleri, hassasiyet eksikliği veya sinyallerinin istenen konuma ulaşmaması nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Bunun nedeni çeşitli engeller ve duvarlardan geçerken GPS sinyallerinin zayıflamasıdır. Bunun sonucu olarak, kapalı yerlerdeki nesnelere bulma ve izleme yetersiz kalıyorlar [2]. Bu sorunun üstesinden gelmek ve iç mekanlarda doğru bir konum elde etmek için değişik iç mekan konumlandırma teknoloji geliştirilmiş olsa da, istenen performansa bir İMK teknolojisinin eksikliği kendini hissedilmez [3]. Bu kapsamda bir kapalı ortamda nesne konumunun belirlenmesi için teknolojilere büyük bir ihtiyaç vardır [4]. Bu talep karşısında geniş uygulamaları nedeniyle İMK, hem bilimden hem de endüstriden büyük ilgi görmektedir [6]. İletişim ağları alanındaki hızlı gelişme nedeniyle de, son yıllarda İMK sistemleri son derece popüler konu haline geldi. Günümüzde, varlıkların tam konumunu belirleme bir zorunluluk olmuştur [7], [8]. İMK teknolojileri, otomasyon ve kontrol endüstrilerine, robotik yönlendirmeye ve gerçek zamanlı konum belirleme ve izlemeye de büyük bir katkı sağlamaktadır.

Halen çeşitli iç mekan konumlandırma teknolojileri farklı alanlarda bağımsız olarak uygulanmakta. Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN), Bluetooth Düşük Enerji, Ultra Geniş Bant (UWB), RFID, Dokunsal Zemin, Ultrasonik Ses ve Yüksek Hassasiyetli GNSS teknolojileri bunlardan bazılarıdır. Yukarıda belirtilen teknolojiler arasından en uygun konumlandırma teknolojisini seçebilmek için öncelikle seçim kriterleri belirlenir. Bir kullanıcı anketine göre [23]. Konumlandırma hizmetinin kalitesini kullanıcıların bakış açısından değerlendirmek için en önemli faktörler doğruluk, kullanılabilirlik, kapsam, maliyet, güç tüketimi ve gizliliklerdir.

Tersaneler hem açık hem kapalı alanları olması nedeniyle uydu konumlandırma sistemlerinin başarısız olduğu veya yeterince kesin veri sağlayamadığı yerler arasındadır. Tersane sahalarındaki insanların ve araçların konumlarına ve hareketlerine ilişkin işlevsel bilgiler elde etmede İMK sistemlerine ihtiyaç duymaktadırlar [5]. İMK sistemi, tersane alanında iş verimliliğini ve güvenliğini önemli ölçüde iyileştirme potansiyeli olan bir teknolojidir. Tersane ortamına en uygun olabilecek bir İMK teknolojisi belirlenmeden, karmaşık tersane ortamının başarılı bir dijital dönüşümünü gerçekleştirmek zordur. Bu makale, tersanelerde en uygun İMK teknolojisini seçimi için olası zorlukları analiz etmekte ve İMK teknolojilerini değerlendirmek için Bulanık Çok Kriterli Grup Karar Verme Yöntemini önermektedir [9], [10].

Son yıllarda, bazı araştırmacılar, gemi yapımındaki görevleri dijitalleşme yönünde teknolojik çözümlerin uygulanması üzerinde çalışmış ve önerilerde bulunmuştur [13] [14], [15], [16]. Kim ve ark. [17], mobil robotların çalışma ortamını tanımak için sinir ağlarını kullandığı tersaneler için otomatik bir kaynak makinesi ve kaynak yapan akıllı robotların kullanılmasını önermektedir. Tersane içerisinde insanların yerini belirlemede Kawakubo ve Ark. bir çalışma yaptılar [18] Bu makalede yazarlar, Bluetooth teknolojisini kullanmaktadırlar. Başka bir çalışmada farklı görevlerinin izlenmesi için sensör

ağları önerilmiştir [19]. Bir tersanede gemilerin ve deniz platformlarının inşası için daha spesifik bir gelişme [20]' de ele alınmıştır. Tersane ve şantiye gibi alanlarda gerçek zamanlı konumlandırma ile ilgili bazı inceleme makaleleri bulunmaktadır. Lu et al. [21], RF tabanlı üç farklı İMK teknolojisini karşılaştırarak şantiyelerde konumlandırma ve izleme için GPS ile İMK tekniklerini birleştirmektedir. Li ve ark. [22] on farklı İMK teknolojisini kritik etmektedirler. Ancak, İMK teknolojilerinin özellikle tersanelerdeki uygulamaları için İMK ilkelerini ve algoritmalarını tartışan ve karşılaştıran çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir.

Karar verme sürecinde birden çok kriterin olması ve tek bir optimum çözümün olmadığı bu tür problemlerin çözümünde kullanılan yöntemlere genel olarak "Çok Kriterli Karar Verme" adıyla adlandırılmaktadır. Günümüzde bu kategoride değerlendirileceğimiz birçok yöntem mevcuttur. Bunlar; Hedef Programlama, AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR gibi yöntemlerdir [12]. Oztaysi ve Ark. Bulanık TOPSIS yöntemi ile veri toplama teknolojilerini değerlendirmiştir [24]. Doulos ve Ark. uygun bir fotosensörün optimum konumunun belirlenmesi için ELECTRE yöntemine dayalı bir metodoloji önerilmiştir [25].

Bu çalışmadaki ana amaç yukarıda kısaca değinilen çok kriterli karar verme yöntemlerini güçlü yönlerini bir araya getirerek hibrit bir model oluşturmak ve problemi kurulan bu model ile çözmektir. Bu çalışmada önce tersanelerde İMK sistemlerinin uygulanmasındaki zorlukları analiz edilerek, ardından İMK sistemlerinin seçimine yönelik bir değerlendirme modeli sunulmaktadır. Bu modelde SEDEF tersanesi için en uygun İMK sistemlerinin değerlendirilmesi, İMK performans kriterleri, İMK teknolojileri ve çözüme yönelik olarak bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS grup karar verme yöntemleri önerilmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

İMK sistemlerinin çeşitliliği ve tersanelerdeki karmaşık ve dinamik bir ortamın mevcudiyeti, karar vericileri bir konumlandırma sistemi seçmede uygun bir karar desteği ve yöntem kullanmaya zorluyor. İMK sistemlerinin seçimi veya geliştirilmesi, yerleştirildikleri ortamla sınırlı kaldıkları için. Tersaneler uygun olacak bir İMK sisteminin seçilmesi her şeyden önce kullanıcı odaklı ve ortama uygun olmalıdır. Örneğin, kullanıcılar, ihtiyaçlarına göre bir İMK sistemi seçmeden veya geliştirmeden önce, öncelikle tersanedeki koşulları göz önüne almalı ve uygulamalarına göre her bir alternatif sistemin sergileyeceği performansı iyi değerlendirmeli. Tersanedeki yapıyı devama eden gemilerin içi ve diğer kapalı tersane ortamında, ağır ve büyük boyutlu metal bloklar bulunur ve bunlar iletilen sinyalleri önemli ölçüde zayıflatabilir. Bu, durum ışık, ultrason ve kızılötesi gibi bazı sinyal türlerinin kapsamını önemli ölçüde olumsuz etkileyebilir. Bunun yanında bazı güvenilir performans ölçütleri olmadan, kullanıcıların ortam sınırlamalarının etkisi altında farklı sistemleri ve bunları oluşturan teknolojilerin, ilkelerin ve algoritmaların performansını değerlendirmeleri zordur. Tüm bunları göz önünde bulunduracak kapsamlı bir değerlendirme yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Yöntem bakımından Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemleri çok ölçütlü sağlam yapıları nedeniyle bu amaç için uygun araçlardır [11], [12]. Bu çalışmada bu bahsedilen yöntemler önce algoritmik bilgi düzeyinde açıklanmakta ardından SEDEF tersanesinde uygulama gerçekleştirilmektedir.

İMK sistemleri sayesinde tersaneler, sahadaki çalışanların, ekipmanların ve çalışma alanlarının üretkenliğini ve güvenliğini artıracak potansiyele kavuşabileceklerdir. Böylece katma değerli faaliyetlere daha fazla odaklanmak, varlıkların kaybolmamasını veya yanlış yere yerleştirilmemesini sağlamak, varlıklara daha hızlı sürede ulaşmak, kapasite kullanımını artırmak, daha iyi tersane iş akışlarını ve kullanımını sağlamak, tersane alanındaki acil durumlara ve/veya tahliyelere daha verimli müdahalelerde bulunmak, işyeri yaralanması ve kazalarını en aza indirmek gibi daha birçok faydalar sağlanacaktır. Tersane sahasında İMK sistemleri özellikle, yoklama, pandemik işyeri uygulamaları, depolama, lojistik, kaynak işlemleri ve forklift operasyonları gibi pek çok için kullanışlıdır. İMK sistemlerinin yararlı olduğu örnekler arasında havaalanları, inşaat sahaları, tersane alanları, yeraltı konumları ve madencilik operasyonları yer almaktadır.

Bu çalışmada tersaneler için İMK teknolojisi seçiminde literatür araştırmasına dayalı olarak ve tersane ihtiyaçları gözönünde bulundurularak, bulanık MULTIMOORA ve bulanık COPRAS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir değerlendirme modeli önerilmektedir. Takip eden kısımlarda modelin oluşturulması ve SEDEF tersanesi ihtiyacını karşılayacak olan teknolojinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen bir uygulama açıklanmaktadır.

### 2.1. Bulanık MULTIMOORA Yöntemi

Bulanık multimoora yöntemi: Oransal analize dayalı MOORA yöntemi diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerine göre yenidir [11]. Bulanık MULTIMOORA yönteminin işlem adımları aşağıdaki gibidir;

1. Adım: Üçgensel bulanık sayılar kullanılarak bulanık karar matrisinin oluşturulması.

$$X = \begin{bmatrix} [x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^n] & [x_{12}^l, x_{12}^m, x_{12}^n] & [x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^n] \\ \dots & \dots & \dots \\ [x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^n] & [x_{m2}^l, x_{m2}^m, x_{m2}^n] & [x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^n] \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bulanık karar matrisindeki  $x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n$  değerleri; j. Kriterine göre i. alternatifin üçgensel bulanık sayıdaki sırasıyla küçük, orta ve büyük değerleri temsil etmektedir. Bu çalışmada, bulanık karar matrisi oluşturulurken Tablo 1'deki ölçeklerden faydalanılmıştır.

Tablo 1. Alternatifler değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler

Dilsel İfadeler	Bulanık Sayılar	Üçgensel
Çok İyi	(9,10,10)	
İyi	(7,9,10)	
Orta Üstü	(5,7,9)	
Vasat	(3,5,7)	
Vasat Altı	(1,3,5)	
Zayıf	(0,1,3)	
Çok Zayıf	(0,0,1)	

2. Adım: Vektör normalizasyonu ve normalize bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{ij1}^* &= x_{ij1} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \\ \tilde{x}_{ij}^* &= (\tilde{x}_{ij1}^*, \tilde{x}_{ij2}^*, \tilde{x}_{ij3}^*) = \tilde{x}_{ij2}^* = x_{ij2} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \\ \tilde{x}_{ij3}^* &= x_{ij3} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \quad \forall i, j. \end{aligned} \quad (2)$$

3. Adım: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$\begin{aligned} v_{ij}^l &= w_j * r_{ij}^l \\ v_{ij}^m &= w_j * r_{ij}^m \\ v_{ij}^n &= w_j * r_{ij}^n \end{aligned} \quad (3)$$

4. Adım: Fayda ve maliyet kriterleri bakımından bütün alternatifler için sıralama hesaplanır.

Fayda kriteri için;

$$\begin{aligned} s_i^{+l} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \\ \forall s_i^{+m} &= s_i^{+m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \quad \text{I } j \in j^{max} \\ s_i^{+n} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \end{aligned} \quad (4)$$

Maliyet Kriteri İçin;

$$\begin{aligned} s_i^{-l} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \\ \forall s_i^{-m} &= s_i^{-m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \quad \text{I } j \in j^{min} \\ s_i^{-n} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \end{aligned} \quad (5)$$

5. Adım: Bütün alternatifler için performans puanları hesaplanır. Performans puanları için, ilgili vertex metodolojisi yardımıyla alternatifler için maliyet ve kazanç-fayda değerleri durulaştırılır.

$$S_i(s_i^+, s_i^-) = \sqrt[3]{[(s_i^{+l} + s_i^{-l})^2 + (s_i^{+m} + s_i^{-m})^2 + (s_i^{+n} + s_i^{-n})^2]} \quad (6)$$

6. Adım: Performans puanlarına göre alternatifler sıralanır. En yüksek performans puanına sahip olan alternatif tercih edilir.

### 2.2. Bulanık COPRAS Yöntemi

Subjektif değerlendirmelerin gerektirdiği durumlarda etkin karar almaya destek sunan Bulanık COPRAS, dilsel ifadelerden oluşan değerleri kullanır. Örneğin bir karar probleminde alternatiflerin maliyet ölçütüne göre değerlendirilmesinde kesin sayılar kullanılması yerine “iyi”, “kötü”, “çok iyi”, “çok kötü” vb. dilsel değerlendirmeler kullanılması kararın daha etkin ve olmasını sağlamaktadır. Bulanık COPRAS yönteminde izlenen adımlar aşağıdaki gibidir[23]:

Adım 1. Bulanık karar matrisi oluşturulur:

$\tilde{x}_{ij}$ : m sayıda alternatif ve n adet kriterin olduğu bir karar problemi için i. seçeneğin j. ölçüte göre değerlendirilmesinden oluşan bulanık performans değerini ifade eder. Bu bulanık sayı;  $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n)$  (7)

parametrelerinden oluşmaktadır. Burada bulanık performans değerlerinden oluşan karar matrisi aşağıdaki gibidir;

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i=1,2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Bulanık COPRAS yönteminde karar matrisi oluşturulurken, birden çok karar vericinin olduğu durumda, tüm kararlar tek bir grup kararına dönüştürülür.

Adım 2. Bulanık karar matrisini durulaştırma ve karar matrisini oluşturma: Bulanık COPRAS yöntemi de bulanık sayıları kesin sayılara dönüştürmede “Best Non-fuzzy Performance” (BNP) yönteminden faydalanmaktadır. BNP yöntemi ile dönüştürme işlemi,

$$BNP_i = \frac{(x_{ij}^n - x_{ij}^l) + (x_{ij}^m - x_{ij}^l)}{3} + x_{ij}^l \quad (9)$$

eşitliği kullanılarak yapılmaktadır. Kesin sayılara dönüştürülen xij performans değerleri ile oluşturulan X karar matrisi,

$$X = x_{ij} \quad m \times n = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

eşitliği ile gösterilir.

Adım 3. Normalize edilmiş karar matrisini oluşturma: Bulanık COPRAS yönteminde durulaştırmayla oluşturulan xij değerleri,

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (11)$$

eşitliği kullanılarak  $\tilde{x}_{ij}$  normalize performans değerlerine dönüştürülür.

Adım 4. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisini oluşturma:



X normalize karar matrisini oluşturan xij ağırlıklandırılmış normalize performans değerleri,

$$\tilde{x}_{ij} = \sum_{k=1}^K \tilde{w}_k \tilde{x}_{ij}^k / \sum_{k=1}^K \tilde{w}_k, \quad (12)$$

eşitliği kullanılarak  $\tilde{x}_{ij}$  ağırlıklı normalize performans değerlerine dönüştürülür.

Adım 5. Kazanç ve zarar ölçütlerine dayalı toplam ağırlıklı normalize değerlerin belirlenmesi: S+i Kazanç kriterleri toplamını, S-i ise zarar kriterleri toplamını göstermek üzere,

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^k \tilde{x}_{+ij} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, k \quad (13)$$

$$S_{-i} = \sum_{j=k+1}^n \tilde{x}_{-ij} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, k \quad (14)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

Adım 6. Göreceli önem değerlerinin hesaplanması

S+i ve S-i parametreleri kullanılarak hesaplanacak Qi değeri i. alternatifi göreceli önem değerini göstermek üzere,

$$Q_i = S_{+i} \frac{S_{-min} \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \sum_{i=1}^m \frac{S_{-min}}{S_{-i}}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

eşitliği kullanılarak belirlenir. Eşitlikte yer alan min S-min parametresi, S-i değerlerinden en küçük olanını ifade etmektedir.

Adım 7. Performans indeksi değerlerinin hesaplanması ve **alternatiflerin** değerlendirilmesi. Pi, i. alternatifi performans indeksi değerini göstermek üzere,

$$P_i = \left[ \frac{Q_i}{Q_{max}} \right] * 100\% \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

Eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. Tüm hesaplama adımlarının ardından elde edilen Pi değerleri azalan şekilde sıralanarak seçeneklerin tercih sıralaması yapılır.

## I. UYGULAMA

Uygulama SEDEF Tersanesinin dijitalleşme çalışmaları kapsamında en uygun İMK teknolojilerinin seçilmesi ile ilgili problem ele alınmıştır. Bu amaçla, SEDEF Tersanesi için en uygun konumlandırma teknolojisini belirleyip tedarik etmek üzere dört karar vericiden oluşan; (KV1, KV2, KV3 ve KV4) bir değerlendirme grubu oluşturulmuştur. Uzmanlar, S1(WiFi), S2(Bluetooth), S3 (RFID), S4(ZigBee) ve S5(UWB) şeklinde beş İMK teknoloji seçeneğinin tersane sahası için uygun olabileceğini belirlediler. Bu seçenekleri değerlendirmede ise sırasıyla K1(Doğruluk), K2 (Enerji Tüketimi), K3(Maliyet), K4(Ölçeklenebilirlik), K5(Tepki Süresi) şeklinde beş ölçüt dikkate alınmaktadır.

### 2.3.İç Mekan Konumlandırma Teknolojileri

Burada, İMK hizmetleri sağlamak için değerlendirmeye alınacak teknolojiler radyo iletişim teknolojisine dayalıdır ve burada bunlar kısaca açıklanarak tartışılacaktır. Diğer teknolojiler bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Her sistem, konum izleme tarzı için benzersiz bileşenler içerir ve belirli koşullar altında değişen doğruluk, maliyet ve uygunluk derecelerine sahiptir.

**Kablosuz Bağlantı Alanı (Wi-Fi):** Wi-Fi tarafından kullanılan konumlandırma yöntemleri genellikle üçgen ve parmak izi konumlandırmadır. Bu yöntem, düşük maliyetli, yüksek doğruluğa ve nispeten geniş kapsama alanına sahiptir. 20m-50m'lik bir konumlandırma aralığına ulaşabilir, ancak çevresel parazitlere (duvarlar gibi) karşı hassastır.

**Radyo Frekansı Tanımlama (RFID):** RFID sistemleri genellikle iki özelliğe göre sınıflandırılır: çalışma sıklığı ve çalıştırılma şekli. Frekansa bağlı olarak RFID sistemleri radyo bantlarında sınıflandırılabilir. Her bant, yayılma davranışı ve spektrum düzenlemelerinde diğerlerinden farklıdır. Üç ana RFID bandı vardır: Düşük Frekans, Yüksek Frekans ve Ultra Yüksek Frekans RFID. Tüm bu RFID sistemleri, etiketlerin çalıştırılma şekline göre de sınıflandırılabilir: Pasif sistemler ve Aktif sistemler.

**Ultra Geniş Bant (UWB):** UWB, çok düşük güç yoğunluğu ve çok kısa süreli darbeler elde ederek, geniş bir frekans yelpazesi üzerinden büyük miktarda bilginin iletilmesine izin veren kısa menzilli bir radyo teknolojisidir. Avantajları, etkisi güçlü ve yüksek doğruluktur. Konum uygulamalarında mükemmel bir hassasiyet elde ederler, ancak kısa menzili ve metal nesnelerin mevcudiyeti ile ilgili sorunları nedeniyle tersane ortamına uyum sağlaması zordur. Maliyeti nispeten yüksektir.

**ZigBee:** ZigBee, konumlandırma ve izlemede kullanılır. ZigBee, düşük maliyetli güçlü kablosuz sensör ağları oluşturmaya yönelik bir teknolojidir. Geniş kapsama mesafelerine ulaşmaya izin veren ara cihazlardan mesh ağları oluşturabilir. ZigBee cihazları, düşük enerji tüketim ve yüksek güvenlik için tasarlanmıştır. ZigBee iletim hızı, 20 kbit/s ile 250 kbit/s arasında değişen, bölgeler arasında farklılık gösterebilen çalışma frekansına bağlıdır.

**Bluetooth:** Bluetooth kısa menzilli uygulamalara (yaklaşık 10m) ve enerji verimliliği için optimize edilmiş küçük cihazlara yönelik bir Kablosuz Kişisel Alan Ağı teknolojisidir. 2,4 GHz'de çalışır ve frekans bandını Wi-Fi gibi diğer teknolojilerle paylaşır. Bluetooth belirli bir uygulama için tasarlanmamıştır: belirli bir kullanım için varsayılan bir çözümü temsil eden bir dizi profili tanımlar ve cihazlar arasında birlikte çalışma gereksinimlerini belirler. Her Bluetooth cihazı, bu profillerden bir veya daha fazlasını destekleyebilir, en yaygın olanı cihazlar arasında bağlantı kuran ve aralarında veri gönderenlerdir. Bu tür cihazlar, bir İMK senaryosunda referans görevi gören işaretçileri (belirli bilgileri periyodik olarak yayınlayan cihazlar) içerir.

İMK için teknoloji seçiminde, ortam, çevresel faktörler, maliyet, kurma, işletme ve bakım maliyet faktörleri gibi birçok kriter dikkate alınmalıdır. Ancak hepsini birden karşılayacak bir teknoloji halen mevcut değildir ve bu durum aynı zamanda mevcut teknolojilerin güncel bir dezavantajıdır; Gelecekte, birkaçının birleştirebileceği öngörülmektedir.

Table 1. Seçilen bazı teknolojilerin özellikler

Teknoloji	Frekans bandı	Menzil	Özellikleri	Popüler Uygulamalar
LF RFID	30–300KHz (125KHz)	1–5 cm (<10 cm)	N-LOS, dayanıklılık, düşük maliyet	Akıllı Endüstri ve güvenlik erişimi
HF RFID	3–30MHz (13.56MHz)	30cm (<1m)	N-LOS, dayanıklılık, düşük maliyet	Akıllı Endüstri ve varlık takibi
UHF RFID	30MHz–3GHz	10m	N-LOS, dayanıklılık, düşük maliyet	Akıllı Endüstri ve paralı yollar
NFC	13.56MHz	4–10 cm (<20 cm)	Düşük maliyet	Bilet işlemleri ve ödemeler
BLE	2.4GHz	<50m	Düşük enerji kullanımı	Kablosuz kulaklıklar
Wi Fi	2.4–5GHz	<100m	Yüksek hız, her yerde bulunabilme	LAN, internet erişimi, geniş bant
Kızılötesi	1000 800 μ m	<1 m	Güvenlik, yüksek hız	Uzaktan kumanda, veri aktarımı
UWB	3.1 ila 10.6GHz	<10m	Düşük güç, yüksek hızlı veri	Radar, video akışı
Ultrason	>20kHz (2–10MHz)	<3 m	Endüstriyel malzemelerin muayenesi	Tıp, konumlandırma



ZigBee	868MHz (AB), 2.4GHz	<10m	Mesh ağı	Akıllı Ev ve Endüstri
DASH7	315-915MHz	<5km	BLAST ağ teknolojisi	Akıllı Endüstri ve askeri
ANT+	2.4GHz	<10m	Düşük enerji kullanımı	Sağlık, spor izleme
LoRa	2.4GHz	>15m	Uzun pil ömrü ve menzil	Akıllı şehir, M2M
SigFox	868MHz	3-50km	Küresel hücrel	Nesnelerin İnterneti, M2M
RuBee	131KHz	1-30 m (15 m)	Zorlu ortamlar	Görev açısından kritik senaryolar

Tablo 1' den, konumlandırma teknolojisinin özellikleri görülmektedir. Uygulaması veya kullanım durumu için hangi tür konumlandırma teknolojisine en uygun olduğuna karar vermek kuşkusuz kullanıcıya kalmıştır. İMK konusundaki geniş araştırmalara rağmen, şu anda henüz İMK'nın gerçekleştirebilecek tek bir mükemmel sistem yoktur.

## 2.4. Değerlendirme Kriterleri

Tersane ortamının özellikleri ve diğer çalışmalarda sağlanan kıyaslamalar dikkate alınarak beş performans kriteri belirlendi [2], [24]. Bunlar şu şekildedir:

**Doğruluk:** Konum bilgisinin doğruluğunu ifade eder. Çıktı konum verilerinin kalitesini yeterince yansıttığı için çok önemli bir kriterdir. Konumlandırma doğruluğu yeterince yüksek değilse ekipmanın performansı bozulacaktır. Konumlandırma doğruluğu düşüğe yanlış alarmlar veya gecikmeli alarmlar oluşabilir.

**Enerji Tüketimi:** Güç tüketimi, aynı kullanım oranı altında bir İMK sisteminde tüketilen ortalama gücü ölçer. Daha fazla veri iletmek için daha fazla enerji tüketilir. Teknolojilerin seçimi, her bir konum sorgusu için ne kadar veri gönderildiğini etkileyen, İMK sistemlerinde kullanılan iletişim protokolünü belirler.

**Maliyet:** Maliyet kriteri, İMK sistemini elde etmek, kurmak ve sürdürmek için gereken para ve zamanı ölçer. Maliyet kriteri, İMK hizmetini gerçekleştirmek için harcanan kaynakların toplam miktarını yansıttığı için önemlidir ve bu nedenle İMK sisteminin seçiminde belirleyici kriterlerden biridir. Bir İMK sistemi için katlanılan toplam maliyeti hesaplamak için üç farklı aşamanın dikkate alınması gerekir: satın alma aşaması, kurulum aşaması ve bakım aşaması.

**Ölçeklenebilirlik:** Bu kriter, bir İMK sisteminin ölçeğine göre bir zaman aralığında konumlandırılabilen maksimum hedef sayısını ifade eder. Bu kriter, özellikle çok geniş alana ve çok sayıda işçiyeye sahip olan büyük ölçekli projeler için önemlidir. Ayrıca, düşük ölçeklenebilirliğe sahip sistemler daha fazla sayıda erişim noktası gerektirir ve bu da yerinde yerleşim yönetimi maliyetlerini artırabilir. Sistemin ölçeği, sistem tarafından kapsanan birim alan veya hacim başına erişim noktası sayısı olarak ifade edilebilen ortamdaki erişim noktalarının yoğunluğunu ifade eder.

**Tepki Süresi:** Tepki süresi, güncelleme hızının karşılığı, konum sorgusu gönderildikten sonra sistemin konum bilgilerini kullanıcıya ne kadar hızlı güncelleyebildiğini ölçer. Tepki süresinin önemi, hareket halindeki hedeflere zamanında konum bilgisi sağlayabilmesidir. Gecikmeli bilgi, zayıf bir konumlandırma doğruluğu ile sonuçlanır. Tepki süresi, makineler ve insanlar gibi hedefler genellikle hareket halinde çalıştığı için tersane açısından önemli bir kriterdir.

## 3. Uygulama

Sedef tersanesi için en uygun İMK teknolojisi seçimi, bulanık çok ölçütlü grup karar verme modeli olarak Bulanık COPRAS ve Bulanık MULTIMOORA yöntemleri kullanılarak karar verilmektedir. Önceki bölümde aşama aşama açıklanan Bulanık

MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemlerinin uzman bir ekibin değerlendirmelerine dayalı uygulamadan elde edilen sonuçlar sayfa kısıtlaması nedeniyle kısa açıklamalarla takip eden kısımda sunulmaktadır. Bu çalışmada, kriterlerin derecelendirmelerini ve ağırlıklarını belirlemek için dilsel değişkenler kullanılmıştır. Daha sonra, bulanık küme teorisi ve karmaşık oransal değerlendirme birleşimine dayanarak çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılmaktadır. Son olarak, önerilen yaklaşımın SEDEF tersanesi için sayısal uygulama sonuçları sunulmaktadır.

Uygulamada, uzman görüşleri, seçilecek alternatifinin çoklu kriter altında değerlendirilmesinde bulanık dilsel ifade terimlerinden faydalanarak temsil edilmekte ve tercih yapıları üzerinde işlem yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Teknolojilerin her bir kriterine göre performanslarını değerlendirmede Tablo 3'de verilen dilsel ifadeler kullanıldı. Önceki kısımda sunulan algoritmaların ilgili formülleri kullanılarak karar matrisleri elde edilir ve buna göre ağırlıklı normalize edilmiş indekslerin toplamları belirlenir. Sonuçlar sırasıyla Tablo 4 ve 5'te gösterilmektedir. Karşılaştırılan teknolojilerin önceliğini belirlemek için her bir teknolojinin önemi hesaplanır ve Bulanık Multimoor (oran metoduna göre) nihai sonuçlar Tablo 6'da sunulmaktadır. Yine takip eden kısımda Bulanık COPRAS hesaplama sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de gösterilmektedir. Nihai sonuçlar ve alternatiflerin sıralama sırası Tablo 9'da gösterilmektedir.

### A. Bulanık MULTIMOORA Uygulama Sonuçları

Table 3. Başlangıç Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
S1	1	3	5	5	7	9	0	0	1	7	9	10	5	7	9
S2	3	5	7	0	1	3	0	1	3	9	10	10	0	0	1
S3	5	7	9	1	3	5	1	3	5	3	5	7	0	1	3
S4	3	5	7	0	1	3	1	3	5	7	9	10	1	3	5
S5	7	9	10	0	1	3	5	7	9	5	7	9	3	5	7

Table 4. Normalizasyon Tablosu ve elde edilen sonuçlar

	K1			K2			K3			K4			K5		
s1	0,04	0,12	0,21	0,34	0,47	0,61	0,00	0,00	0,07	0,22	0,29	0,32	0,30	0,42	0,53
s2	0,12	0,21	0,29	0,00	0,07	0,20	0,00	0,07	0,20	0,29	0,32	0,32	0,00	0,00	0,06
s3	0,21	0,29	0,37	0,07	0,20	0,34	0,07	0,20	0,33	0,10	0,16	0,22	0,00	0,06	0,18
s4	0,12	0,21	0,29	0,00	0,07	0,20	0,07	0,20	0,33	0,22	0,29	0,32	0,06	0,18	0,30
s5	0,29	0,37	0,41	0,00	0,07	0,20	0,33	0,46	0,59	0,16	0,22	0,29	0,18	0,30	0,42

Table 5. Öncelik Matrisine Göre Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Tablosu

Enerji Tüketimi WK1 = (1/3)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,145986
Ölçeklenebilirlik-WK2 = (1/5)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,087591
Doğruluk-WK3 = (1/1)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,437956
Maliyet-WK4 = (1/2)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,218978
Tepki Süresi-WK5 = (1/4)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,109489

Uzman görüşlerine göre kriter önem sıralaması:

Doğruluk-K3 > Maliyet-K4 > Enerji Tüketimi- K1 > Tepki Süresi- K5 > Ölçeklenebilirlik- K2 şeklinde olmaktadır.

Table 6. Bulanık Multimoora (Oran Metoduna Göre) Nihai Sonuç Tablosu

	Bulanık-Multimoora Oran Sistemi				
	yi			BNPyi	Sıra
S1	-0,0070	-0,0057	-0,0400	-0,0176	2
S2	0,0811	0,0657	0,0025	0,0498	1
S3	0,0167	-0,0325	-0,0883	-0,0347	4
S4	0,0321	-0,0178	-0,0805	-0,0221	3
S5	-0,0848	-0,1347	-0,1965	-0,1387	5

Bu sonuca göre Bluetooth temelli uygulamalar en uygun alternatif olarak ortaya çıkmaktadır.

#### B. Bulanık COPRAS Uygulama Sonuçları

Durulaştırma Aşaması: Başlangıç matrisine göre gerekli normalizasyon işlemleri sonrasında BNP formülasyonu kullanılarak durulaştırma yapılarak ve aşağıdaki tablo oluşur:

Table 7. Durulaştırma sonuçları

	K1 (Max)	K2 (Min)	K3 (Min)	K4 (Max)	K5 (Min)
S1	3	7	0,33	8,67	7
S2	5	1,33	1,33	9,67	0,333
S3	7	3	3	5	1,33
S4	5	1,33	3	8,67	3
S5	8,67	1,33	7	7	5

Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi: Uzman görüşlerine göre belirlenen öncelik matrisi ile ağırlıklı normalizasyon tablosu oluşturulur:

Table 8. Ağırlıklı Normalizasyon sonuçları

	K1 (Max)	K2 (Min)	K3 (Min)	K4 (Max)	K5 (Min)
S1	0,438	0,613	0,146	1,898	0,766
S2	0,730	0,117	0,584	2,117	0,036
S3	1,022	0,263	1,314	1,095	0,146
S4	0,730	0,117	1,314	1,898	0,328
S5	1,265	0,117	3,066	1,533	0,547

Bulanık COPRAS genel toplamlar tablosu ve sıralamanın oluşturulması

Table 9. Genel Toplamlar Tablosu ve Sıralama sonuçları

	Si+	Si-	Qi	Pi	SIRA
S1	2,336	1,526	4,147	0,629	3
S2	2,847	0,737	6,595	1,000	1
S3	2,117	1,723	3,721	0,564	4
S4	2,628	1,759	4,198	0,637	2
S5	2,798	3,730	3,539	0,537	5

Bu sonuca göre, Bluetooth temelli uygulamaların en uygun alternatif olduğu görülür.

## 4. Tartışma

Tersane ortamının ayrıntılı bir analizi ve en uygun teknolojiyi seçmek için bir çalışma yürütmüştür. İMK sistemleri ile ilgili burada gerçekleştirilen uygulama hem SEDEF tersanesine hem de bilim alanına önemli bir katkı sağlamaktadır. Gerçekleştirilen tersane alanında uygulama ile Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemleri ile İMK teknolojileri değerlendirilerek en uygun teknolojinin belirlenmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, İMK teknolojileri karşılaştırılarak bazı önemli hususlar tespit edilmiştir: Öncelikle her bir İMK teknoloji daha iyi bir teknolojinin ortaya çıkmasının yolunu açtığından, hiçbir teknolojinin değersiz olmadığı söylenebilir.

Her İMK teknolojisinin en azından şimdilik kendi dezavantajları ve zorlukları vardır. Her yere uyan tek bir teknoloji yok. Bazı performans kriterleri açısından ödünleştirme yapılabilir; maliyet bazen ölçeklenebilirlik için feda edilebilir. Uygulamalarda hibrit konumlandırma şeklindeki eğilimler sözkonusu olabilir ve önemli bir süre için geçerli kalabilirler.

Hibrit konumlandırmada, birinin zayıflıkları başka bir İMK teknolojisinin güçlü yönleriyle maskelenerek mevcut sistemler iyileştirilebilir.

## 5. Sonuçlar

Çok kriterli karar verme, hem teorik hem de uygulama perspektiflerinden önem taşıyan bir yönelem araştırması konusudur. Bu çalışma kapsamında, önerilen yöntemlerin diğer yöntemlere nazaran kullanım kolaylığı ve hesaplama süresi elverişliliği gibi sebepler neticesinde Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemleri bir arada ve başlangıç matrisleri birlikte ele alınarak kullanım avantajı sağlamakta olup, yöntemler kıyaslandığında ortaya çıkan sonuç açısından yöntem tutarlılığı da açıkça görülmektedir. Çok ölçütlü grup karar verme süreci oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir, bu nedenle çözümlerin kolaylaştırılması gerekliliği burada kullanılan yöntemlerin bir avantajıdır. Bu konuda, Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemlerini kullanarak grup karar vermenin basitliği ve niceliksel bilgi türü bulunmaktadır. İMK teknolojilerinin performansları ortam içerisinde bulunan objelerden etkilendiği için, tersane ortamları için Radyo frekansı dışındaki diğer teknolojiler değerlendirmeye alınmamıştır. Yalnızca RF'na dayalı teknolojiler tersanelerin zor ortamlarında uygulanabilir teknolojiler olarak göz önüne alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bunlar Wi-Fi, Radyo RFID, Bluetooth, ZigBee ve UWB teknolojileridir. Tersanelerde gösterebilecekleri performansı ile ilgili değerlendirmeler sonucunda, sahip olduğu özellikler bakımından Bluetooth teknolojisi diğerlerine göre bir adım öne çıkmaktadır. Çalışmanın gerçekleştirme aşamasında Bluetooth teknolojisine ek olarak uygun yerlerde görüntü ve kamera sistemleri ve Wi-Fi teknolojileri ile destek sağlanabileceği de ayrıca değerlendirilebilir. Önerilen modelin çok çeşitli karar alma uygulamalarında kullanılması beklenmektedir. Ayrıca, yöntem karar verme sürecinin doğruluğunu tasarımcının becerisine ve geçmiş deneyimine bağlı kılar. Bununla birlikte, hem farklı toplama operatörlerinin uygulanmasını hem de sezgisel bulanık sayıların uygulanmasını tanıtarak yöntemin genişletilmesi için daha ileri çalışmalar yararlı olabilir.

## 6. Teşekkür

Bu çalışma 1190128 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir. Yazarlar TEYDEB 1511'a desteğinden dolayı teşekkür ederler.

## Referanslar

- [1] F. Zafari, A. Gkelias and K. K. Leung, "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2568-2599, thirdquarter 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2911558.
- [2] C. Liu, H. Wang, M. Liu and P. Li, Research and Analysis of Indoor Positioning Technology, 2021 4th International Conference on Advanced Electronic Materials, Computers and Software Engineering (AEMCSE), 2021, pp. 1212-1217, doi: 10.1109/AEMCSE51986.2021.00248.
- [3] WCSS. Simoes, GS. Machado, AMA Sales, MM de Lucena, N Jazdi, VF de Lucena, A Review of Technologies and Techniques for Indoor Navigation Systems for the Visually

- Impaired. SENSORS. 2020;20(14):3935. doi:10.3390/s20143935
- [4] A. Hameed and H. A. Ahmed, Survey on indoor positioning applications based on different technologies, 2018 12th International Conference on Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS), 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/MACS.2018.8628462.
- [5] H.K. Lu, P.C. Lin K.C. Chu, et al. Development and evaluation of a Beacon-based indoor positioning and navigating system for the visually impaired. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2019;37(4):4665-4675. doi:10.3233/JIFS-179301
- [6] S.He, Chan, S.H.G. Wi-Fi Fingerprint-Based Indoor Positioning: Recent Advances and Comparisons. *IEEE Commun. Surv. Tutor*. 2016, 18, 466–490.
- [7] L. Fasano, I. Sergi, A. Almeida, A. B. Jayo, P. Rametta and L. Patrono, Performance Evaluation of Indoor Positioning Systems based on Smartphone and Wearable Device, 2020 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2020, pp. 1-5, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243796.
- [8] J. C. R. Birsan, F. Moldoveanu, A. Moldoveanu, M. Dascalu and A. MORAR, Key Technologies for Indoor Positioning Systems, 2019 18th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/ROEDUNET.2019.8909406.
- [9] M. Rafiuzzaman, I. Çil, (2016). A fuzzy logic based agricultural decision support system for assessment of crop yield potential using shallow ground water table. *International Journal of Computer Applications*, 149(9), 20-31.
- [10]H. Palabıyık, I. Çil, and Toklu, M.C., Determining Firm Locations of Long-Term Interns with a Fuzzy Logic Approach: Application in the Applied Training Model. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8(1), 146-154.
- [11]M., Ünver, and I. Cil, (2020). Material selection by using fuzzy complex proportional assessment. *Emerging Materials Research*, 9(1), 93-98.
- [12]I. Cil, Y.S, Turkan, An ANP-based assessment model for lean enterprise transformation. *Int J Adv Manuf Technol* 64, 1113–1130 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4047-x>
- [13]S. Mun, M. Nam, J. Lee, K. Doh, G.Park, H. Lee, D. Kim, J. Lee, Sub-assembly welding robot system at shipyards; Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM); Busan, Korea. 7–11 July 2015; pp. 1502–1507.
- [14]S.F. Wong, Y. Zheng, The effect of metal noise factor to RFID location system; Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management; Bangkok, Thailand. 10–13 December 2013; pp. 310–314.
- [15]D.D. Deavours, Improving the near-metal performance of UHF RFID tags; Proceedings of the IEEE International Conference on RFID; Orlando, FL, USA. 14–16 April 2010; pp. 187–194.
- [16]M. Heiss, R. Hildebrandt, High-temperature UHF RFID sensor measurements in a full-metal environment; Proceedings of the 2013 European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies (SmartSysTech); Nuremberg, Germany. 11–12 June 2013.
- [17]M.Y. Kim, K. Ko, H.S. Cho, J. Kim, Visual sensing and recognition of welding environment for intelligent shipyard welding robots; Proceedings of the 13th IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems; Takamatsu, Japan. 31 Oct–5 Nov 2000; pp. 2159–2165.
- [18]S. Kawakubo, A. Chansavang, S. Tanaka, T. Iwasaki, Wireless network system for indoor human positioning; Proceedings of the 1st International Symposium on Wireless Pervasive Computing; Phuket, Thailand. 16–18 January 2006.
- [19]C. Pérez-Garrido, F.J. González-Castaño, D. Chaves-Díez, P.S. Rodríguez-Hernández, Wireless remote monitoring of toxic gases in Shipbuilding. *Sensors*. 2014;14:2981–3000. doi: 10.3390/s140202981.
- [20]M.A. Do Amaral Bichet, E.K.Hasegawa, R.Solé, A. Núñez, Utilization of hyper environments for tracking and monitoring of processes and supplies in construction and assembly industries; Proceedings of the Symposium on Computing and Automation for Offshore Shipbuilding (NAVCOMP); Rio Grande, Brazil. 14–15 March 2013; pp. 81–86.
- [21]M. Lu, W. Chen, X. Shen, H.-C. Lam, J. Liu, Positioning and tracking construction vehicles in highly dense urban areas and building construction sites, *Autom. Constr.* 16 (5) (2007) 647–656, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.11.0>
- [22]C.T. LI, J. C. P. CHENG, K. CHEN, Top 10 technologies for indoor positioning on construction sites. *Automation in Construction*, 1, 118, 2020. DOI 10.1016/j.autcon.2020.103309.
- [23]M.M. Fouladgar, A., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, E. K., Zavadskas, Z.Turskis, (2012). Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment. *International Journal of Strategic Property Management*, 16(1): 85-104.
- [24]B.,Oztaysi, C., Kahraman, S. C.,Onar, & I.Otay, (2020). Indoor location tracking technology evaluation by using spherical fuzzy TOPSIS method. In *Developments of Artificial Intelligence Technologies in Computation and Robotics: Proceedings of the 14th International FLINS Conference (FLINS 2020)* (pp. 173-181).
- [25]L.,Doulos, A.,Tsangrassoulis, & F. V. Topalis, (2014). Multi-criteria decision analysis to select the optimum position and proper field of view of a photosensor. *Energy conversion and management*, 86, 1069-1077.



# Agent Based Modeling and Simulation of the Olive Fly (*Bactrocera Oleae*) in Turkey

Simge Baba\*, Şebnem Bora\*

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1010632)

**ATIF/REFERENCE:** Baba, S. & Bora, Ş. (2020). Agent Based Modeling and Simulation of the Olive Fly (*Bactrocera Oleae*) in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (29), 255-258.

## Abstract

In this paper, the relationship of the olive fly with the olive has been closely examined and the life cycle of the olive fly and olive are modeled in the Repast Symphony agent-based simulation environment to show how the population of olive flies changes and how the growing population affects olives. Using data, it has been observed how an olive fly reproduces in a short time and turns into many new generations. Increased olive fly population constitutes a serious threat to the success of control methods used for the damages of olives. In line with the data obtained from this study, olive fly population and damages to olives can be estimated for future years. Olive fly has been determined that the olive fly reduces the yield of the olive tree and it is necessary to combat the olive fly. It is very important to control the olive fly. Therefore, various control methods should be tried. An effective method for increasing the number of olive flies has been investigated. Olive fly numbers were obtained at the end of cultural biological and chemical struggles. In this study, the biological developmental stages of olive fly and olive can be observed. In line with the data obtained from this study, future years and damage to olives can be estimated.

**Keywords:** Agent, agent based modeling, olive, olive fly (*bactrocera oleae*)

## Türkiye'de Zeytin Sineğine (*Bactrocera Oleae*) Karşı Verilen Mücadelenin Etmen Tabanlı Modellenmesi ve Benzetimi

### Özet

Bu çalışmada, zeytin sineğinin mücadelesi etmen tabanlı modelleme ile gösterilmiştir. Zeytin sineğinin zeytin ile olan ilişkisi yakından incelenmiştir. Zeytin sineğinin ve zeytinin biyolojik gelişim evreleri gözlemlenebilmektedir. Gerçek veriler kullanılarak, kimyasal ve biyolojik mücadelede zeytin sineği popülasyonu değişim miktarı ve elde edilen zeytin verimi grafiksel olarak analiz edilebilmektedir. Bir zeytin sineğinin nasıl kısa bir zamanda üreyip çok sayıda yeni jenerasyona dönüştüğü görülmüştür. Artan zeytin sineği popülasyonu, zeytin zararları için kullanılan kontrol yöntemlerinin başarısı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda gelecek yıllar için zeytin sineği popülasyonu ve zeytine vereceği zararlar tahmin edilebilir. Zeytin sineğinin zeytin ağacının verimini azalttığı ve zeytin sineği ile mücadele edilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Zeytin sineğinin kontrolü çok önemlidir. Bu nedenle çeşitli kontrol yöntemleri denenmelidir. Zeytin sineği sayısını artırmak için etkili bir yöntem araştırılmıştır. Kültürel biyolojik ve kimyasal mücadeleler sonucunda zeytin sineği sayıları elde edilmiştir. Bu çalışmada zeytin sineği ve zeytinin biyolojik gelişim aşamaları gözlemlenebilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda gelecek yıllar ve zeytinin zararları tahmin edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Etmen, etmen tabanlı modelleme, zeytin, zeytin sineği (*bactrocera oleae*).

\* Corresponding Author: Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Bölümü, İzmir, ORCID: 0000-0000-0000-0000, [simge.baba94@hotmail.com](mailto:simge.baba94@hotmail.com) [sebnembora@gmail.com](mailto:sebnembora@gmail.com)



## 1. Introduction

Olive, *olea europaea* subsp. *cuspidata* (Wall.G.Don) Cif.(Ligustrales:Oleaceae), grown in Mediterranean area, is an important agricultural product. Olive is an evergreen tree that can grow up to 10 meters in height, with dense branches, broad crown, and evergreen leaves. It has a wide, curved, tubular trunk. The crown (top) of the tree expands each year, approximately as much as it increases in height. It is a long-lived tree and can live up to 2000 years. Health is of great importance. This purpose is in the foreground. It has an important technical place, which is produced as oil and table. It is widely produced in special Aegean, Marmara and Mediterranean provinces, in Turkey. (Turanli, 2017)

Many living things can harm the olive. One of them, the olive fly (*Bactrocera oleae*), is the most dangerous of them all. It reduces the productivity of olives. The olive varieties most susceptible to the olive fly are: freckled, memecik, çakır, tomato, quince, ladaelies and gemlik. (Turanli, 2017)

Adults begin to emerge when the soil temperature reaches 10°C, and the density generally increases from June. Adult olive flies begin to lay their eggs on olives at the end of June. The laid eggs hatch after two days and become larvae. In the olive, the larvae start to grow over time by feeding and thus damage the olives. The larvae that emerge as pupae spend the winter in the soil. When it becomes an adult, it mates and the same cycle is repeated. Thus, it causes the fruits to rot and fall, decrease the amount of olive oil, and partially increase the acidity of the oil. Especially in table olives, the damage of the olive fly is more important. (Turanli, 2017)

In humid and temperate regions, from the end of June to the beginning of July, it can cause significant damage throughout the summer, starting with the pickled Gemlik and Manzanilla varieties and the Ladoelies olive variety for oil. If there is no struggle, it can cause 15-30% damage, and up to 80% in epidemic years. (Turanli, 2017)

In the research conducted in the olive groves of Antalya province between 1986-1988, it was determined that the olive fly population was at a very low level in this region, and it was said that the existing natural balance should be preserved. In the research conducted in the olive groves in the Artvin region between 1991-1994, olive flies were found in small quantities. It was also observed that the olive fly did not harm the olives. Although the number of olive flies in Turkey was low in those years, the situation is bad when we look at the number of olive flies in different countries.

In the 2000s, the damage of the olive fly has increased in our country. Therefore, various methods of struggle have been developed. As a result of the negative effects of the chemical control against olive fly on living things, sterile insect release method and efforts to increase olive fly parasitoids in nature appear as alternative methods. As a cultural precaution, it is the cultivation of the soil in winter. Pupae that pass through are cleaned from the soil. In addition, the use of biological control factors within the scope of integrated control studies against olive fly has an important place. Olive fly parasitoid *P. concolor* is used in biological control by mass production and release to olive groves. By combining this parasitoid with mass trapping, success has been achieved in olive fly control.

In this study, the struggle of the olive fly is shown by agent-based modeling. The relationship of the olive fly with the olive has been closely examined. The subject is observed better with agent-based modeling. The study was programmed in the Repast Symphony 2.1 agent-based simulation environment. It has been observed how an olive fly reproduces in a short time and turns into a large number of new generations. Various methods of struggle have been tried. Biological developmental stages of olive fly and olive can be observed. In line with the data obtained from this study, future years and damage to olives can be estimated.

In this study, besides computer programming knowledge, agricultural and biological field knowledge is needed. For this, the characteristics of olive, its importance in the world and in Turkey, the harvest time of the olive and the planting method of the olive will be explained. The definition of olive fly, its biology, damage to olives and the spread of the pest were simulated.

## 2. Material and Method

Agent-based modeling and simulation (ABMS) is a new approach to modeling systems comprised of autonomous, interacting agents. Computational advances have made possible a growing number of agent-based models across a variety of application domains. Agent-based modeling focuses on the individual active components of a system. This is in contrast to both the more abstract system dynamics approach and the process-oriented discrete event method. With agent-based modeling, active entities known as agents must be identified and their behavior described. They can be people, households, vehicles, equipment, products, or companies, whatever is related to the system. Connections are made between them, environmental variables are set, and simulations run. The global dynamics of the system then emerge from the interactions of many individual behaviors. (Macal, 2009)

This simulation is written in Java language in Repast Symphony 2.1 environment using agent-based simulation method. The reason for choosing this method is that it provides an environment suitable for the working structure of biological systems that occur in nature and provides a better understanding of the biological cycle. According to the scenario: We have an olive field with an area of 1000 m<sup>2</sup>. In this field, 30 trees were planted in the form of 5m \* 5m, that is, according to the square shape. Approximately 20 kg of yield is obtained from an olive tree. According to the calculation, there are approximately 5000 olives in an olive tree. Progress has been made in the program by using these data. Gemlik region is considered as the place where the scenario takes place. Green olives are harvested like September and November, while black olives are harvested after November. Necessary information is given in Table 2.1 to adapt it for the agent-based simulation whose scenario is given. The program starts in June and ends at the end of September. In other words, a period of 90 days passes.

Olive flies breed in June and lay their eggs on small olives on the tree. In the program, the embryo grows by 0.1 mm per day. Because after 2-3 days, it turns into a larva. The development of the larva is 10-15 days. When the egg turns into a pupa, it leaves the olive and begins to grow in the soil. Eventually, it becomes an adult. The olive fly can spend the winter in the soil or die. (Rice, 2003)

It can also remain as a pupa in the soil. However, an olive fly can live for an extra year at most. Females die directly after 200 spawns. Male olive flies also die when the probability of survival is less than 95%. Initially the embryo is 0.1. (Rice,2003) (Economopoulos,1982)

Table 2.1. The equivalent of the real system in the simulation environment

Real environment	Representative environment
Field area 1000 m <sup>2</sup>	150.000
0.0006 m <sup>2</sup>	1 cell
1 day number	1 tick day number
Olive, olive fly, parasitoid	Agent
chance of olive fly surviving	%95
Average rainfall for 90 days	22mm
90-day average temperature(°C)	23.3 °C
90-day relative humidity (%)	%40

**Algorithm:**

1. The number of ticks has been determined as 90 days. In other words, the olive fly will spend 3 months in the olive field.
2. The olive fly goes to one of the neighboring cells randomly and lays its eggs on the olive in that cell.
3. When the olive fly reaches 4-6 mm in length, it begins to lay eggs. It lays eggs 200 times in its lifetime and dies. Olive fly lives a maximum of one extra year, regardless of gender.
4. Biological states of olive fly:
  - **Embryo (egg):** If the olive fly is between 0.0-0.9mm
  - **First (larva):** If between 0.9-3.8 mm
  - **Second (pupae):** If between 3.8-4.0 mm
  - **Adult:** If it is between 4-6 mm

If the olive fly is larger than 6 mm, it dies.
5. The egg grows 0.1 mm with each step. (Bento 2002)(Turanlı,2017) (Pala 2001)

**3. Results and Discussion**

**3.1. Experimental Studies**

a) Initially, the number of adult olive flies is 1000. Olive fly population size-time graph until step 90 is shown in Figure 3.1. The final number of olive fly is about 1550.

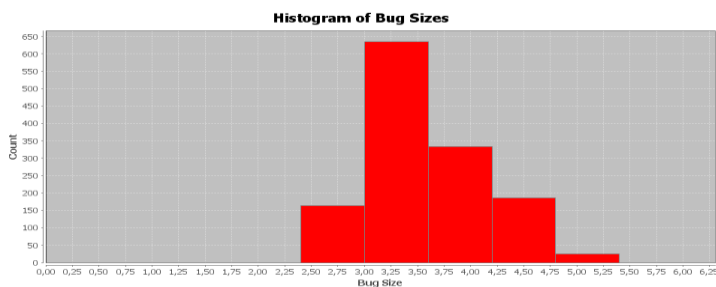


Figure 3.1 Olive-fly size histogram at 90th simulation step.

b) Initially, the number of adult olive flies is 2000. At the beginning of the simulation (Step 0) 2000 olive fly agents were randomly placed in the field to represent the adult olive fly from the winter quarters. Olive fly size histogram of step 90 in Figure 3.2.

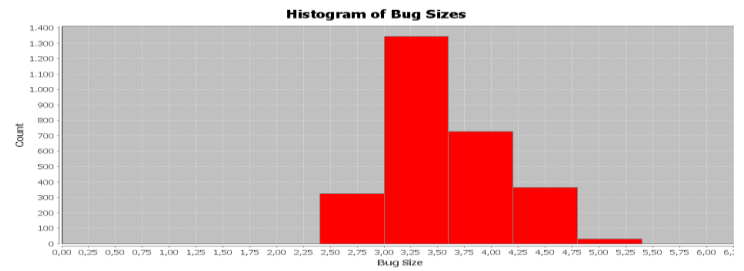


Figure 3.2 Olive fly size histogram at 90th simulation step.

The olive fly population size-time graph until the 90th simulation step is shown in Figure 3.3. The population of olive flies reaches its maximum value at the 42th time step. The final number of olive fly is about 2880.

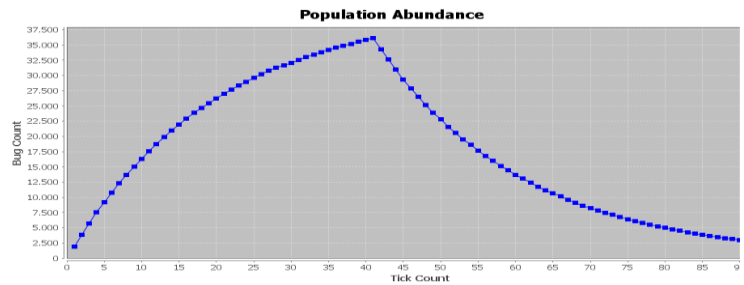


Figure 3.3 Olive fly population size-time plot up to step 90

c) **Cultural prevention:** Pupa start to be collected with the help of tractor while they are in the soil. In the program, this event was realized as if it was spraying after the Second period. It is not thought that all of them have been cleared in the soil. Olive fly survival probability is reduced to 0.18 after cultural prevention.

The initial number of adult olive flies was determined as 1000. Cultural prevention was carried out after the pupa (second) period of the olive fly. We should think of this process as spraying.

According to the result obtained in the absence of spraying, 1550 olive flies remained in the environment, while the result obtained in the cultural measure was 950. Its effect is around 38%. If we reduce the probability of individuals to survive after the spraying, the number of olive flies in the last situation may decrease even more.

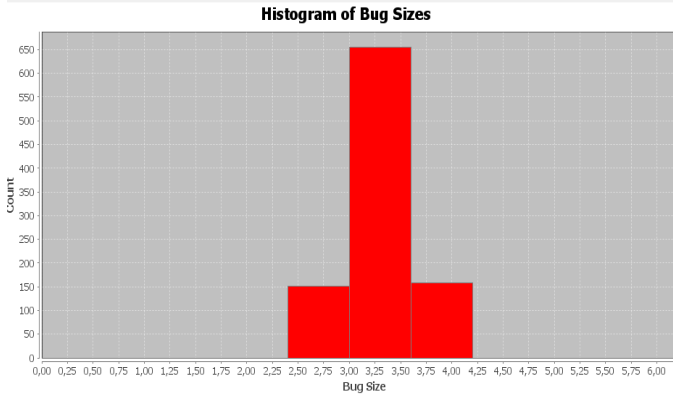


Figure 3.4 Olive fly size histogram at 90th simulation step

#### 4. Conclusions and Recommendations

It has been observed how an olive fly reproduces in a short time and turns into a large number of new generations. It has been determined that the olive fly reduces the yield of the olive tree and it is necessary to combat the olive fly. It is very important to control the olive fly. Therefore, various control methods should be tried.

In this study, the biological developmental stages of olive fly and olive can be observed. In line with the data obtained from this study, future years and damage to olives can be estimated.

The fights against the parasite (the natural enemy of the olive fly) will be included in our biological control studies.

#### References

- [1] Bento, A., Torres, L., Lopes, J., Sismeiro, R., 2002. A Contribution to the Knowledge of *Bactrocera oleae* (Gmel.) in Tras-Os-Montes Region (Northeastern Portugal): Phenology, Losses and Control. [http://www.actahort.org/books/474/474\\_111.htm](http://www.actahort.org/books/474/474_111.htm)
- [2] Economopoulos, A. P., Haniotakis, G. E., Michelakis, S., 1982. Population studies on the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt.; Tephritidae) in Western Crete. *J. Appl. Entomol.*, 463-476pp.
- [3] Macal C., North M., 2009. Tutorial On Agent-based Modelling and Simulation
- [4] Pala, Y., Nogay, A., Damgacı, E., Altın, M., 2001. Zeytin Bahçelerinde Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Tarım ve Köyişleri bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, 84 s.
- [5] Rice, R.E, Phillips, PA, Stewart-Leslie, J., Sibbert, G.S., 2003. Olive fly populations measured in central and southern California. 122-127pp.
- [6] Turanlı, T., 2017. Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığının kitabı Zeytin Entegre Mücadele Teknik Talimatı 18-22.



# Performance Analysis of Immune Plasma Algorithm with Different Donor-Receiver Configurations

Sadat Duraki<sup>1</sup>, Selçuk Aslan<sup>2</sup>, Sercan Demirci<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Samsun, Turkey (ORCID: 0000-0001-8799-4455),  
[sadat.duraki@bil.omu.edu.tr](mailto:sadat.duraki@bil.omu.edu.tr)

<sup>2</sup> Erciyes University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Department of Aeronautical Engineering, Kayseri, Turkey (ORCID: 0000-0002-9145-239X),  
[selcukaslan@erciyes.edu.tr](mailto:selcukaslan@erciyes.edu.tr)

<sup>3\*</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Samsun, Turkey (ORCID: 0000-0001-6739-7653),  
[sercan.demirci@bil.omu.edu.tr](mailto:sercan.demirci@bil.omu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1024751)

**ATIF/REFERENCE:** Duraki, S., Aslan, S. & Demirci, S. (2021). Performance Analysis of Immune Plasma Algorithm with Different Donor-Receiver Configurations. *European Journal of Science and Technology*, (29), 259-263.

## Abstract

Immune Plasma Algorithm (IPA) is a novel meta-heuristic algorithm inspired by immune plasma transfer treatment. Many meta-heuristic algorithms are used for solving complex optimization problems, but their performance is mostly inspected on problems with 30 dimensions. Nowadays we are dealing with far more complex systems that require solving high-dimensional optimization problems with over 50 dimensions whereas performance of meta-heuristic algorithms for high-dimensional problems is mostly unexamined. So to overcome this problem, in this study, performance of IPA on solving high-dimensional problems is investigated. In this case, it is used to solve five well-known benchmark optimization problems with 100 dimensions. In this work, Immune Plasma Algorithm (IPA) is used for solving Sphere, Quartic, Rastrigin, Ackley and Griewank functions. It is compared with some other state-of-the-art meta-heuristic algorithms. Experimental results demonstrate that IPA outperforms these algorithms in finding best objective values, and has best standard deviation, and best mean value for most of the tested optimization problems.

**Keywords:** High-dimensional Problems, Optimization, Immune Plasma Algorithm.

## Farklı Donör-Alıcı Konfigürasyonları ile İmmün Plazma Algoritmasının Performans Analizi

### Öz

İmmün Plazma Algoritması (IPA), immün plazma transfer tedavisinden ilham alan yeni bir meta-sezgisel algoritmadır. Karmaşık optimizasyon problemlerini çözmek için birçok meta-sezgisel algoritma kullanılır, ancak performansları çoğunlukla 30 boyutlu problemlerde denetlenmiştir. Günümüzde 50'den fazla boyutlu yüksek boyutlu optimizasyon problemlerinin çözülmesini gerektiren çok daha karmaşık sistemlerle uğraşıyoruz, ancak bu meta-sezgisel algoritmaların yüksek boyutlu problemler için performansı çoğunlukla incelenmemiştir. Bu problemin üstesinden gelmek için bu çalışmada IPA'nın yüksek boyutlu problemlerin çözümündeki performansı araştırılmıştır. Bu durumda, 100 boyutlu beş iyi bilinen kıyaslama optimizasyon problemini (Sphere, Quartic, Rastrigin, Ackley ve Griewank fonksiyonları) çözmek için IPA kullanılmıştır. Devamında, bazı son teknoloji meta-sezgisel algoritmalarla karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, IPA'nın en iyi amaç değerlerini bulmada, bu algoritmalarla daha iyi performans gösterdiğini ve test edilen optimizasyon problemlerinin çoğu için en iyi standart sapmaya ve en iyi ortalama değere sahip olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek boyutlu Problemler, Optimizasyon, İmmün Plazma Algoritması.

\* Corresponding Author: [sercan.demirci@bil.omu.edu.tr](mailto:sercan.demirci@bil.omu.edu.tr)



## 1. Introduction

In everyday life we are often encountered with problems that require finding their optimal solutions. There are two main approaches for finding optimal solutions, mathematical and heuristic approach. Although mathematical approaches such as calculating derivatives can lead to finding optimal solution, they are usually very complex to calculate especially when dealing with high dimensional problems. In recent years scientific and technological developments made possible making more powerful, effective and efficient systems, but this also caused even more complex systems in terms of number of variables and their structure. In the past, problems with 10-30 variables were considered as high dimensional problems, while nowadays problems with over 50 variables are evaluated as high dimensional problems.

There are multitude of works done on solving high dimensional problems using meta-heuristic algorithms, using Particle Swarm Optimization (PSO) [1], Artificial Bee Colony (ABC) [2], Animal Migration Optimization (AMO) [3], Salp Swarm Algorithm (SSA) [4], Firefly Algorithm [4], Grey Wolf Optimization [4], Moth-flame Optimizer (MFO) [4], Sine Cosine Algorithm (SCA) [4] and many others. It is worth mentioning that different algorithms perform differently depending on the given problems. This statement is also supported by No-Free-Lunch (NFL) [5, 6] theorem, which claims that there is no single algorithm that obtains best results on all optimization problems. Likewise, performance of some algorithms tends to decrease significantly as number of variables increase. Thus, as a result of this theorem it can be said that designing new meta-heuristic algorithm and inspecting their performance on multi-dimensional and high-dimensional problems is vital for researches in the field of optimization.

In this study we investigated novel meta-heuristic algorithm named Immune Plasma Algorithm (IPA) [7] and its performance on solving high-dimensional problems. The rest of this study is organized as follows: In II Section is given explanation of Immune Plasma algorithm. In III Section experimental results of IPA and comparison with other heuristic algorithms are given. And finally, in IV Section conclusion and future work are given.

## 2. Immune Plasma Algorithm

Current global health crisis caused by COVID-19 lead to many researches, primarily done by medical experts in order to find best treatment. One of the approaches for treating patients infected by COVID-19 is by using immune plasma or convalescent plasma. When a virus, bacteria or any other foreign invader, enters our body, our immune system is responding by producing antibodies against it, which will destroy invader's cells [8]. After infection process, the immune response of each individual can be different. While some individuals have better immune response and get totally recovered from illness without getting any medical attention, others may not be fully recovered or may be in critical condition that requires some medical treatment. It all depends on how strong or weak one's immune system is. People who have a weak immune system, which cannot produce antibodies against the virus fast enough, may be treated with immune plasma that is directly transferred from recovered patients who have already been infected and have enough antibodies [9]. Author of [7] inspired by this treatment

have designed novel meta-heuristic algorithm for solving optimization problems called Immune Plasma Algorithm (IPA). In IPA, every person in the population is considered as a possible solution for objective function that is being optimized. While immune response of the person represent quality of the solution. IPA has three main parts: Generating initial individuals, Infection spreading and immune system response, and Plasma extraction and transfer.

### 2.1. Generating Initial Individuals

Initial population is calculated by using (1). In (1)  $x_{kj}$  represents  $k$ th person's  $j$ th decision parameter, there are  $D$  number of decision parameters for each person and total population size is  $PS$ .  $x_j^{low}$  is lower and  $x_j^{high}$  is upper bound of the  $j$ th parameter. Whereas,  $rand(0,1)$  is randomly generated number between 0 and 1.

$$x_{kj} = x_j^{low} + rand(0,1)(x_j^{high} - x_j^{low}) \quad (1)$$

$$k = \{1,2,\dots,PS\} \text{ and } j = \{1,2,\dots,D\}$$

### 2.2. Infection Spreading and Immune System Response

In this part each individual is infected using (2). If the immune response (value of objective function) of the infected individual is better than the immune response before infection, then algorithm is storing newly generated immune system of the individual on the place of the old one, otherwise it keeps old immune system.

$$x_{kj}^{inf} = x_{kj} + rand(-1,+1)(x_{kj} - x_{mj}) \quad (2)$$

$$k = \{1,2,\dots,PS\} \text{ and } j = \{1,2,\dots,D\} - \{k\}$$

In (2)  $k$ th person's  $j$ th parameter is getting infected, represented with  $x_{kj}^{inf}$ . Likewise  $x_{kj}$  is  $k$ th person's randomly selected  $j$ th parameter.  $x_{mj}$  represents  $j$ th parameter of randomly selected and previously infected person. And finally,  $rand(-1,+1)$  is randomly generated number between -1 and +1.

### 2.3. Plasma Extraction and Transfer

After infection, immune responses of each individual is different, and depending on their immune response, IPA selects NoD (number of donors) individuals with best immune response as plasma donors and NoR (number of receivers) individuals with worst immune response as plasma receivers. After selecting donor and receivers plasma transfer is performed using (3). In (3),  $x_{kj}^{rcv}$  is  $k$ th receiver's  $j$ th parameter. While  $x_{mj}^{dnr}$  is randomly selected  $m$ th donor's  $j$ th parameter. Finally as a results of this process  $x_{kj}^{rcv-p}$  is generated. It represents  $k$ th receiver's  $j$ th parameter after plasma transfer.

$$x_{kj}^{rcv-p} = x_{kj}^{rcv} + rand(-1, +1)(x_{kj}^{rcv} - x_{mj}^{dnr}) \quad (3)$$

$$j = \{1, 2, \dots, D\}$$

After plasma treatment, IPA performs donor update. Purpose of this process is to change already used donors. Donor update process uses two different equations, and which equation will be used in generating new donor is determined in following manner. If the current evaluation divided by max evaluation is larger than randomly generated number between 0 and 1, then (4) is used, otherwise (1) is used for generating new donor.

$$x_{mj}^{dnr} = x_{mj}^{dnr} + rand(-1, +1)(x_{mj}^{dnr}) \quad (4)$$

High level overview of the IPA is shown on Fig. 1. For more detailed explanation and pseudo code of the algorithm [7] should be analyzed.

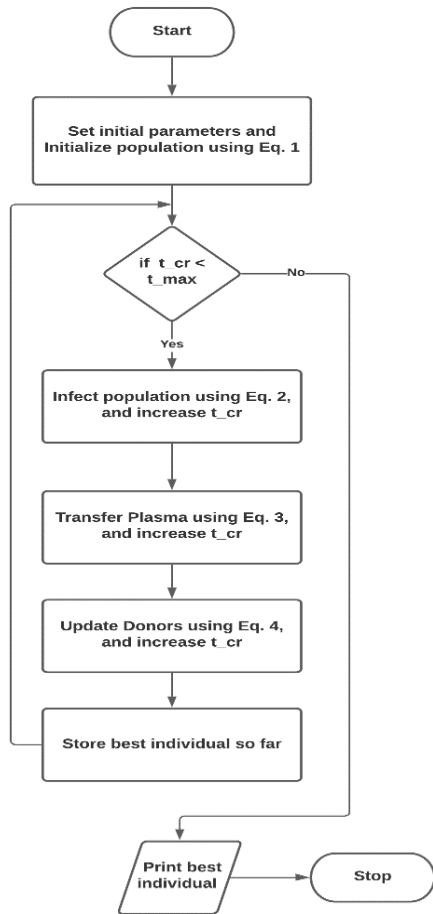


Figure 1. High level flowchart of IPA.

### 3. Experimental Results

In order to test performance of IPA for solving high-dimensional optimization problems, 5 well-known benchmark optimization functions are taken. Names of the functions as well

as formulation, range and global minimum value of the functions is given in Table I and their visualization is shown on Fig. 2.

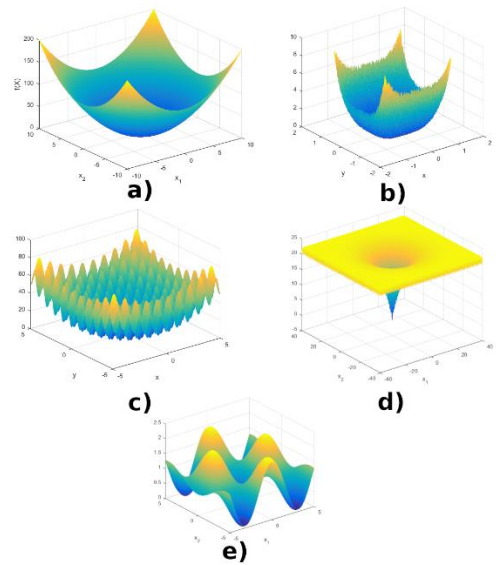


Figure 2. Visualization of Functions: (a) Sphere, (b) Quartic, (c) Rastrigin, (d) Ackley, (e) Griewank

After plasma treatment, IPA performs donor update. Purpose of this process is to change already used donors. Donor update process uses two different equations, and which equation will be used in generating new donor is determined in following manner. If the current evaluation divided by max evaluation is larger than randomly generated number between 0 and 1, then (4) is used, otherwise (1) is used for generating new donor.

IPA can be run with different initial values, such as number of donor (NoD), number of receivers (NoR), population size (PS), maximum fitness evaluation (tmax), and number of parameters/dimensions (D). In order to obtain comparable results with other state-of-the-art algorithm [4], population size is set to 30, maximum fitness evaluation is set to 15000, and number of parameter (dimensions) for each optimization problem is set to 100. These values are constant and they are not changed during this experiment. On the other hand, values of NoD and NoR have 7 different combinations. In first case values of NoD and NoR are equal to 1, in second to 2, in third to 3, in fourth to 4, in fifth to 5, in sixth to 6 and finally in seventh to 7, and for each of these cases, 30 independent runs are performed. Thus for single optimization problem, 7 (cases) multiplied by 30 (independent runs), in total 150 independent runs are performed for every single optimization problems. Results of each run is recorded and the results are shown on 3. In this table are recorded mean value and standard deviation of 30 independent runs as well as overall best value of 30 independent runs. Likewise, best obtained results are bold in the Table 2.

Table 1. Tested Functions With Range And Fmin

Name	Function	Range	Fmin
F1 (Sphere)	$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	[-100, 100]	0
F2 (Quartic)	$f_2(x) = \sum_{i=1}^n ix_i^4 + \text{random}[0,1)$	[-1.28, 1.28]	0
F3 (Rastrigin)	$f_3(x) = \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i) + 10)$	[-5.12, 5.12]	0
F4 (Ackley)	$f_4(x) = -20\exp(-0.2\sqrt{\frac{1}{D}\sum_{i=1}^n x_i^2}) - \exp(\frac{1}{D}\sum_{i=1}^D \cos(2\pi x_i)) + 20 + e$	[-32, 32]	0
F5 (Griewank)	$f_5(x) = \frac{1}{4000}\sum_{i=1}^D x_i^2 - \prod_{i=1}^D \cos(\frac{x_i}{\sqrt{i}}) + 1$	[-600, 600]	0

Table 2. Results Of The Ipa With Different Nor And Nod Parameter Values For 100 Dimension Problems.

Function		NoR=NoD=1	NoR=NoD=2	NoR=NoD=3	NoR=NoD=4	NoR=NoD=5	NoR=NoD=6	NoR=NoD=7
F1 (Sphere)	Mean	1.68e-09	2.20e-14	4.08e-16	2.05e-16	<b>5.24e-19</b>	5.73e-18	6.16e-18
	Std.	2.01e-09	4.35e-14	1.32e-15	7.55e-16	<b>1.46e-18</b>	1.60e-17	1.40e-17
	Best	5.07e-15	9.90e-22	1.16e-26	<b>3.60e-29</b>	2.96e-25	1.18e-25	1.98e-24
F2 (Quartic)	Mean	0.07	0.01	0.008	0.006	<b>0.004</b>	0.006	0.007
	Std.	0.16	0.01	0.005	0.006	0.005	0.006	<b>0.004</b>
	Best	0.0006	0.002	0.001	<b>0.0003</b>	0.0005	0.001	0.0005
F3 (Rastrigin)	Mean	42.95	89.76	25.32	5.93e-08	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
	Std.	158.79	232.74	138.70	2.25e-07	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
	Best	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
F4 (Ackley)	Mean	<b>0.03</b>	8.01	13.36	16.73	17.43	18.80	18.83
	Std.	<b>0.17</b>	9.98	9.60	7.61	6.95	5.11	5.12
	Best	1.07e-09	8.56e-11	1.06e-08	1.15e-10	<b>2.65e-11</b>	8.17e-11	9.72e-11
F5 (Griewank)	Mean	1.16e-08	7.52e-09	6.80e-14	3.20e-13	<b>1.48e-17</b>	8.88e-17	2.55e-16
	Std.	4.58e-08	2.86e-08	1.68e-13	1.21e-12	<b>8.10e-17</b>	3.38e-16	8.76e-16
	Best	1.33e-15	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

## 4. Conclusion and Future Work

In this study performance of IPA solving high-dimensional problems is investigated. Using IPA five well-known optimization problems are solved. Results obtain by the IPA are compared with five other state-of-the-art meta-heuristic algorithms. From the Table 3 can be concluded that finding optimal number of donors and receivers is important. Experimental results showed that optimal number for donors and receivers is between 4 and 6. By looking at the comparison table it can be concluded that IPA outperforms all five algorithm in finding overall best objective function value. Likewise, it has better standard deviation and mean values, except for the Ackley function, where GWO algorithm had better mean and standard deviation values, and IPA had second best values.

In future, IPA's performance can be investigated on solving different optimization problems, in even higher demsions, and compared with some other state-of-the-art algorithms.

## References

- Jia, D., Zheng, G., Qu, B., and Khan, M. K., "A hybrid particle swarm optimization algorithm for high-dimensional problems." *Computers and Industrial Engineering*, 61(4), pp. 1117-1122, 2011.
- Li, Z., Wang, W., Yan, Y., and Li, Z., "PS-ABC: A hybrid algorithm based on particle swarm and artificial bee colony for high-dimensional optimization problems." *Expert Systems with Applications*, 42(22), pp. 8881-8895. 2015
- Lai, Z., Feng, X., and Yu, H. "An Improved Animal Migration Optimization Algorithm Based on Interactive Learning Behavior for High Dimensional Optimization Problem." In *2019 International Conference on High Performance Big Data and Intelligent Systems (HPBD&IS)*, pp. 110-115, May 2019, IEEE.
- Nautiyal, B., Prakash, R., Vimal, V., Liang, G., and Chen, H. "Improved Salp Swarm Algorithm with mutation schemes for solving global optimization and engineering problems." *Engineering with Computers*, pp. 1-23. 2021.
- I. Boussaid, J. Lepagnot, P. Siarry, "A survey on optimization metaheuristics", *Inf. Sci.*, vol. 237, pp. 82-117, 2013.
- X.-S. Yang, "Nature-inspired optimization algorithms: Challenges and open problems", *J. Comput. Sci.*, vol. 46, 2020.
- Aslan, S., and Demirci, S., "Immune Plasma Algorithm: A Novel Meta-Heuristic for Optimization Problems." *IEEE Access*, 8, pp.220227-220245, 2020.
- U.S. Department of Health and Human Services, "Understanding the immune system how it works", *Nat. Inst. Allergy Infectious Diseases*, Washington, DC, USA, Tech. Rep. 07-5423:1-63, 2007.
- C. Shen, Z. Wang, F. Zhao, Y. Yang, J. Li, J. Yuan, F. Wang, D. Li, M. Yang, L. Xing, "Treatment of 5 critically ill patients with COVID-19 with convalescent plasma", *Jama*, vol. 323, no. 16, pp. 1582-589, 2020.
- Mirjalili, S., Gandomi, A. H., Mirjalili, S. Z., Saremi, S., Faris, H., and Mirjalili, S. M. "Salp Swarm Algorithm: A bio-

inspired optimizer for engineering design problems". *Advances in Engineering Software*, 114, pp. 163-191. 2017.

- Yang, X. S. "Firefly algorithm, Levy flights and global optimization." In *Research and development in intelligent systems XXVI*, pp. 209-218. 2010. Springer, London.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., and Lewis, A. "Grey wolf optimizer." *Advances in engineering software*, 69, pp. 46-61. (2014).
- Mirjalili, S. "Moth-flame optimization algorithm: A novel nature-inspired heuristic paradigm." *Knowledge-based systems*, 89, pp. 228-249. (2015).
- Mirjalili, S. (2016). SCA: a sine cosine algorithm for solving optimization problems. *Knowledge-based systems*, 96, pp. 120-133.





## A Brief Review of Path Loss Models for mmWave Channels

Nermin K.A. Hamdan<sup>1\*</sup>, Begüm Korunur Engiz<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5347-2832),  
[eng.nermin.hamdan@gmail.com](mailto:eng.nermin.hamdan@gmail.com)

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3905-1791),  
[bkengiz@omu.edu.tr](mailto:bkengiz@omu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1022696)

**ATIF/REFERENCE:** Hamdan, N. K. A. & Korunur Engiz, B. (2021). A Brief Review of Path Loss Models for mmWave Channels. *European Journal of Science and Technology*, (29), 264-272.

### Abstract

It is planned to use millimeter wave (mm-wave) communication in 5th Generation (5G) communication systems, as it allows high bandwidth and accordingly high speed data communication. Path loss is one of the most important factors affecting system performance in mm-wave communication. Therefore, path loss must be taken into account in order to create an efficient and reliable mm-wave communication system and to obtain high data rates. It is very important for 5G systems to accurately determine the propagation characteristics and path loss models of the mm-wave communication channel. Many methods have been proposed in the literature to predict path loss with high accuracy and precision in 5G systems. In this review, it is aimed to provide researchers a clear knowledge about path loss in 5G mm-wave communication systems. Papers published between 2018-2021 which based on machine learning, deep learning, neural networks and propagation measurement approach were presented, and the main results of researches related to main path loss models Close-in (CI), and Alpha, Beta, Gamma (ABG) or Floating Intercept (FI) and papers that discussed 3-D ray tracing method were summarized in clear and precise manner.

**Keywords:** mmWave, 5G, Path loss models, Propagation measurements.

## mm-Dalga Kanallarındaki Yol Kaybı Modelleri Üzerine Kısa Bir Derleme

### Öz

Yüksek bant genişliğine ve buna bağlı olarak yüksek hızlı veri iletişimine olanak tanınması nedeniyle milimetre dalga (mm-dalga) haberleşmesinin 5. Nesil (5G) haberleşme sistemlerinde kullanılması planlanmaktadır. Yol kaybı, mm-dalga haberleşmesinde sistem başarımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle etkin ve güvenilir mm-dalga haberleşme sistemini oluşturmak, yüksek veri hızları elde etmek için yol kaybı dikkate alınmalıdır. mm-dalga haberleşme kanalının yayılım özelliklerinin ve yol kaybı modellerinin doğru bir biçimde belirlenmesi 5G sistemleri için oldukça önemlidir. 5G sistemlerinde, yol kaybını yüksek doğruluk ve hassasiyetle tahmin etmek için literatürde birçok yöntem önerilmiştir. Bu derleme çalışmasında araştırmacılara, 5G mm-dalga haberleşme sistemlerinde yol kaybı hakkında bilgi sağlamak hedeflenmiştir. 2018-2021 yılları arasında yapılmış, makine öğrenmesi, derin öğrenme, sinir ağları ve yayılım ölçümü yaklaşımına dayanan birçok çalışma sunulmuş, CI, ABG veya FI gibi temel yol kaybı modellerini, 5G'de üç boyutlu ışın izleme yöntemlerini inceleyen çalışmalar açık ve anlaşılır bir biçimde özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** mm-dalga, 5. Nesil, Yol kaybı modelleri, Yayılım ölçümleri.

\* Corresponding Author: [eng.nermin.hamdan@gmail.com](mailto:eng.nermin.hamdan@gmail.com)

## 1. Introduction

Wireless communication technology has changed the way we communicate and socialize in a remarkable way since its inception. It helped us to transmit data and information over a distance without any wires or cables. Also, the ability to communicate with people on move has developed arrestingly. Wireless communication has experienced different generations of technology starting from 0G to 5G (fifth generation). The target of 5G is to improve the scalability, connectivity, security, data rate and efficiency of the network [1, 2]. As the development of technology, the demands of the users are increasing. So, more bandwidth should be granted to satisfy the demand of users.

Millimeter wave (mmWave) frequencies (i.e., the frequency range of 3 GHz to 300 GHz) are expected to be used in 5G networks. The unused mmWave spectrum provides an excellent chance to excess mobile broadband capacity, thereby providing better quality of service to users. However, according to a number of studies, mmWave frequencies have implementation issues, particularly with regards to path loss due to multiple factors, such as obstacles in the environment, weather condition, and atmosphere. Therefore, to find the best position of 5G base stations, investigation of the path loss model at these 5G mmWave frequencies is of crucial importance [3, 4]. Surveys on mmWave [5, 6] have discussed propagation features, different channel models, parameters that affect system such as mediums, and operating frequency, and [7] for indoor environments have provided a general review of the radio propagation research at mmWave.

There are three basic models of path loss in 5G include Close-in Free Space with Reference Distance (CI), and Alpha, Beta, Gamma (ABG) or Floating Intercept (FI) [8, 9]. These models were built based on the traditional statistical approaches. However, data-dependent machine learning methods has also used for path loss predictions recently. In [10] path loss estimation was done through machine learning, and metrics used to compare the performances of random forest, artificial neural network, support vector regression forest models. [11] compares traditional channel models with a channel model obtained through deep learning techniques using satellite images supported by a simple path loss model for 2.6 GHz mobile communication systems.

In [12] a novel method for modeling mmWave path losses was presented (Convolutional Neural Network, CNN). A new CNN structure was proposed and it's superior performance over empirical models and deterministic models was shown [12]. Path loss predictions in urban areas were performed using the tabular data and images for machine learning models as two diverse types of inputs [13]. In [14] the path loss was predicted at different frequencies ranged 0.8 GHz to 70 GHz for urban and suburban environment, and in non-line of sight (NLOS) scenario. The proposed path loss model based on a deep neural network was shown to provide improved mean square error and higher prediction accuracy compared to the multi-frequency ABG path loss model.

A deep learning approach was applied in [15] for path loss modeling in urban environments for 5G systems, and proposes a

combined method of the log-distance path loss model and a deep-learning-based model. Based on the simulation results the proposed path loss model outperforms the conventional models in the 3.5 GHz frequency band. In [16] a new path loss model has been proposed for 5G communication in suburban settings using deep learning with advanced convolution and attention. From the experimental results, it was shown that the proposed attention-augmenting convolutional neural network performed better in test scenarios than modern empirical and deterministic methods in terms of the root mean square error.

In this study, we focused on the studies on path loss models in different environments and frequencies. A brief information about path loss models for wireless communications is given, and comparisons of models are presented under various measurement scenarios (indoor, outdoor) and frequencies.

## 2. Material and Method

### 2.1. Methodology

To determine the studies included in this review, some inclusion criteria were defined and the articles published between 2018 and 2021 were concerned. Some basic and mostly cited papers were also included. Search process was shortened to three academic databases as shown in Table 1. The articles most relevant to the study, and highly cited were selected from among a large number of articles.

Table 1. Search Tools.

Academic database	URL address
Google Scholar	<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>
IEEE Explore	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>
Web of Science	<a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>

#### 2.1.1. Related Work

In [8] The properties of 5G radio communication systems were specified and propagation parameters, channel models, path losses in large areas and penetration losses in buildings were modeled by various standardization bodies and compared in the range 0.5 to 100 GHz. Additionally, the various models suggested by several independent groups based on extensive measurements and ray-tracing methods were compared. The details and applications of channel simulation software (NYUSIM) which helps generate realistic spatial and temporal channel responses was given in [17], channel spatial modeling for 5G mmWave was simulated for various mmWave bands (28, 38, 60, and 73 GHz and channel model parameters like received power, path loss exponent and path loss for the specified frequencies were estimated using NYUSIM [18]. A statistical channel modelling was also simulated in [19] for urban microcell simulated in LOS condition at 28 GHz operating frequency using NYUSIM, and best direction was determined according to parameters like path loss, path loss exponent and standard deviation.

In view of the high path loss [20] focus on studying mmWave frequencies, that allow mmWave to scale to high-density deployments and to consistently achieve high data rates. Also, in [21] the author discusses the fundamental characteristics of mmWave and two basic channel modeling methods to investigate the channel characteristics at mmWave bands. In [22] the author also focuses on how one can achieve less path loss through studying the impact of transmitter antenna height on the signal propagation.

In [23,24] the authors conducted the experiment at 26, 32, and 39 GHz frequency bands in line of sight (LOS) indoor conditions. The measurement was carried out for two antenna configurations obtaining a constant referred to the free space path loss (FSPL) condition for each band. Then a comparison between regression fitting and mmWave models were made. It inferred at 39GHz a higher path loss was acquired for the horn configuration, also path loss 3dB difference between frequencies. Another study proposes a new frequency attenuation (FA) path loss model. In this model, ultra-wideband measurements are made for various frequencies in the 10–40 GHz in an outdoor environment for LOS scenarios, also in this study the three basic path loss models and FA path loss model are compared for single-frequency and multi-frequency schemes [25]. In the paper presented in [26] CI and FI models in indoor LOS/NLOS condition were applied. Further, using the same measurement parameters the 2-ray model is inspected for 40 GHz band. Also, it inferred path loss exponent (PLE) for CI and FI models for both scenarios are identical at 40 GHz.

In [27], the authors presented a directional horn and omnidirectional antenna used at the transmitter and receiver, respectively. Also, according to the acquired measurement data, the path loss was examined at 19, 28 and 38 GHz. At these frequencies, the path loss exponent is low and in NLOS channel the propagation signal was strong with a low delay. In [28] the authors examine the band of 5, 31 and 90 GHz under different channel condition and antenna CI and FI model were used to compare path loss simulation results (ray-tracing simulations) and measurement data. It deduced for LOS and NLOS conditions, CI model slopes show the difference between ray-tracing and measurements for slope is less than 0.3 and 0.6 respectively.

In another paper [29] the authors have made their study in the band of 38 GHz in both LOS/NLOS conditions. Measurements were performed using a directional horn antenna, then based on the comparison of CI and FI path loss models they suggest that CI model is more suitable in the outdoor semi-corridor environment than FI model. Another measurement method was used in [30] within the band of 18 GHz. By using a horn antenna radiation, the omnidirectional path loss synthesis has been confirmed, then in the measured data, the dual slope (DS) and CI path loss models were structured. Through these measurements they inferred that DS model is more suitable in the indoor corridors environment as compared to CI model.

The approach in [31] has relied on using a directional horn and omnidirectional antenna at the transmitter and receiver. Measurements were conducted, respectively for 3 scenarios, direct toward wall and toward window in the band of 28 and 38 GHz to study the basic path loss models. It concluded that the modified CI model is simpler than the models compared to the FI and ABG model. Also, for the PLE there is no big difference between the models. In [32] outdoor LOS/NLOS measurements

were performed at five different mmWave frequencies and a new path loss model was proposed. They also suggest that a communication link can be build up in 20 and 30 GHz bands using the proposed model for certain TX-RX separation distance. Furthermore in [33] authors have conducted the study in the band of 26, 28, 36, and 38 GHz. The experiment has studied the path loss model FI and CI in both LOS/NLOS. The result show that CI provides better performance than FI model.

The band of 26, 28, 32 and 38 GHz in the scenario of indoor (emergency stairwell) were analyzed in [34] for single and multi-frequency; physical-anchor stair (PAS) and FI, ABG and close-in model with frequency-weighted path loss exponent (CIF) model were used, respectively. It concluded that in the emergency stairwell FI model is not that much beneficial compared to the proposed PAS model. Similarly, at single and multi-frequency, CI, FI, ABG and CIF path loss model are used in [35] to examine two different propagation mediums (stairwell), and the result provided can be helpful to understand the radio propagation in the studied environment. Also, in [36] measurements are performed in an indoor corridor and stairwell at 26 GHz and 38 GHz. An omnidirectional and directional horn antenna were used at the transmitter and receiver, respectively. Path loss exponents are analyzed with respect to LOS/NLOS scenarios, co-polarization and cross-polarization and frequencies. It is reported that the directional PLEs are greater than omnidirectional PLEs. Also, PLEs for NLOS are greater than LOS and PLEs for stairwell are larger than that for corridor.

In [37] the author, discussed the characterization of 28 GHz by using the computer simulation for the indoor office environment. Through analyzing the path loss model parameters, it shown that in the indoor environment many multipath waves were received in the LOS environment. Furthermore in [38] the author discussed the characteristics of 60 GHz based on the method of shooting and bouncing ray tracing/image method (SBR/IM) in LOS/ NLOS scenarios. According to the results, PLE in LOS environments vary between 1.56 and 1.78 while 3.87 in NLOS. In [39] CI, FI, and CIF path loss models were used to study the received signal in the condition of LOS indoor stairwell. It reported that the models used, fit the measured data well in the band of 3.5 and 28 GHz with the path loss exponent are found near to the FSPL. The band of 14 and 22 GHz were analyzed in [40] that the authors made a measurement for different heights of TX and RX antenna for two path loss model. It concluded that the proposed dual slope path loss model is more outclass in all measurement scenarios compared to CI. Also, the same band and scenarios were reported in [41] but using different path loss model that it inferred in all scenarios the ABG model show a good foretelling of path loss.

In [42] the basic frequency attenuation (FA) and CIF models were used to evaluate the path loss in bands of 19, 28 and 38 GHz. It concludes that the PLE for all the studied models are smaller than the ones for free space path loss exponent (FSPL). A study of [43] applied the measurements at 38 GHz for two different antenna polarization scenarios, and FI and CI models were used to study the action of path loss at the studied frequency. Through the measurement CI showed a good result in both LOS and NLOS while FI give a good result just in the LOS. A new approach in [44] was applied to study path loss in the band of 26 GHz for two scenarios, and the authors deduce that path loss difference of LOS and obstructed LOS is about 5dB. In addition to the basic path loss models a new approach was reported in [45] to examine both of loss due to high frequency

and edge shadow in the band of 3.5 and 28 GHz. The authors concluded that at the both bands in the studied scenarios, single and multi-frequency FI and ABG models show a good execution for path loss, and also PLE is less than FSPLE. In different antenna polarization, for directional and omnidirectional, CI, FI, ABG and a proposed path loss model were applied in [46] to examine the effect of path loss in the band of 4.5, 28 and 38 GHz. According to the results the proposed model had showed an average progress compared to the basic path loss models.

In [47] a new technique, the 3-D ray tracing method was applied to study the path loss of wave propagation. According to the measurement and simulation the new proposed method had shown more agreement with it compared to the other. In [48] the author presents an outdoor/ indoor environment at 60 GHz by using the method of Smart Cognitive 3D Ray Tracer. It was shown that as the separation between the transmitter and the

receiver increase, the mmWave's propagation attenuation increase. Also, obstacles in the path of waves cause reflection and diffraction that can increase the path loss. In [49] the author presented a new path loss model as 3GPP and mmMAGIC. According to the experiment and measurement after calibration, the path loss mean absolute error for LOS and NLOS decreased. Also, the use of machine learning algorithms reduces the mean absolute errors of path loss in both LOS/ NLOS. Furthermore in [50] the author presents a performance analysis method of mmWave cellular network based on 3-D Poisson point process (PPP) model, and analyses the impact of path loss and other parameters. It shows that the performance of 3-D PPP model is very accurate in the urban environment.

In order to be able to easily examine and compare the articles given in this study, the important details of the studies are summarized and given in Table 2.

Table 2. Comparative evaluations of related works

Frequency	Indoor/Outdoor	LOS/NLOS	Methodologies	Model	Important Results	Ref.
26,39 GHz / 26,32 and 39GHz	Indoor	LOS	two antenna configurations, comparison between regression fitting and mmWave models	CI, FI path loss models and mm Wave model.	At 39GHz a higher PL was acquired for the horn configuration, also pathloss 3dB difference between frequencies	[23]-[24]
40 GHz / 5, 31 and 90 GHz	Indoor	Both	CI and FI models are used and the 2-ray model is inspected for 40GHz band / Comparison between CI, FI models and ray-tracing simulations under different channel condition and antenna.	CI, FI path loss model and two-ray model / CI and FI path loss model	PLE for CI and FI models for LOS, NLOS are identical / LOS, NLOS conditions, CI model slopes show the difference between ray-tracing and measurements	[26]-[28]
19, 28 and 38 GHz	Indoor to Outdoor	NLOS	A directional horn and omnidirectional antenna were used on transmitter and receiver, respectively. Also, according to the acquired measurement data, path loss was examined.	CI, ABG path loss model	The path loss exponent is low and in NLOS channel the propagation signal was strong with a low delay.	[27]
38 GHz	Outdoor (semi-corridor)	Both	A measurement of a directional horn antenna was performed, then	CI and FI path loss model	Compared to FI model, CI model is more appropriate for	[29]



			based on a comparison of these measurement between the CI and FI path loss models were extract the result.		the outdoor environment	
18 GHz	Indoor	LOS	By using a horn antenna radiation, the omnidirectional path loss synthesis has been confirmed, then in the measured data, the DS and CI path loss model were structured.	CI and DS path loss model	Compared to the CI model, the DS model is better suited to interior corridors	[30]
28 and 38 GHz	Indoor (dining room)	LOS	A directional horn and an omnidirectional antenna were used on the transmitter and receiver, respectively for 3 scenarios, and single and multi-band basic path loss models were studied.	The proposed and the CI, FI and ABG path loss model	The M-CI model compared to the FI and ABG model is simpler. There is no big difference for PLE between the models.	[31]
26,28,36 and 38 GHz	Outdoor	Both	A measurement for a different scenario for 20 and 30 GHz bands were taken to compare the proposed model with the basic path loss models.	Proposed model and CI, FI and ABG path loss model	A communication link can be established using proposed model for certain TX-RX separation	[32]
26,28,32 and 38 GHz	Indoor (emergency stairwell) / Indoor (stairwell) /	LOS	Single and multifrequency	FI, ABG, FAS and CIF path loss models / The basic path loss model and CIF	FI model is not that much beneficial compared to the PAS / Measurement data is helpful to understand propagation mechanism in the studied medium	[34]-[35]
26 and 38 GHz	Indoor corridor and stairwell	Both	An omnidirectional biconical as transmitter and a steerable directional horn as receiver used for both co-polarization, cross-polarization LOS/NLOS measurement scenarios	CI model in V-V polarization, CIX model in V-H	Omnidirectional PLEs are smaller than directional PLEs	[36]
3.5 and 28 GHz	Indoor (stairwell)	LOS	CI, FI, and CIF path loss models were used to study the received signal in the stairwell according to the measured data	CI, FI and CIF path loss model	The models that used fit the measured data well, path loss exponent are close to FSPL.	[39]

14 and 22 GHz	Indoor	Both	A measurement in the band of 14 and 22 GHz for different heights of TX and RX antenna were examined for two/multi frequency path loss model.	CI and proposed dual slope (DS) path loss model / DS and ABG path loss model	Dual slope path loss model is better than CI / ABG model shows a good foretelling of path loss at 14 and 22GHz and DS needs less modeling parameters	[40]-[41]
19,28 and 38 GHz	Indoor	Both	The basic path loss model, FA and CIF models were used to study path loss in bands of 19, 28 and 38 GHz	CIF, FA and the basic path loss model	The PLE are smaller for all the studied models compared to the FSPLE	[42]
38 GHz	Outdoor	Both	In two different antenna polarization scenarios the basic path loss model, FI and CI models were used to study the action of path loss at 38GHz	FI and CI model	Through the measurement CI showed a good result in both LOS and NLOS while FI give a good result just in the LOS.	[43]
26 GHz	Indoor(office)	LOS and OLOS	FI and CI model were implemented in the frequency band of 26GHz that they made a measurement through the MMSE approach to derived the parameters of the models	FI and CI model	Through the results, they deduce that between LOS and OLOS theirs path loss difference about 5 dB	[44]
3.5 and 28 GHz / 4.5, 28 and 38 GHz	Indoor	Both	Single and multi-frequency, CI, FI, ABG and CIF path loss models / For different antenna polarization CI, FI, ABG and proposed path loss models	FI, CI, ABG and CIF model / The CI, FI and ABG and proposed path loss model	At the both bands single and multi-frequency FI and ABG models show a good execution, PLE is less than the FSPLE / the proposed model yielded an average improvement compared to the basic path loss models	[45]-[46]
28 GHz	Indoor	Both	Using a new technique, the 3-D ray tracing method to study the path loss of wave propagation	3-D ray tracing method	According to the measurement and simulation the new proposed method had shown more agreement with it compared to the other.	[47]

### 3. Conclusions and Recommendations

In this review, we present the studies that examine the performance of various path loss models at candidate mmWave frequencies for 5G wireless communication systems. We have discussed the three basic path loss models CI, FI, ABG, and some other path loss models that have been derived by modifying the values of these three basic models. Furthermore, the studies that cover different measurements scenarios such as, LOS/NLOS, or both, indoor/outdoor at different frequencies 5, 3.5, 4.5, 14, 18, 19, 22, 26, 28, 31, 32, 36, 38, 39, 40, 90 GHz were included.

Even though some paper investigates the same frequency band, their models or method were different. Additionally, the studies that uses data dependent machine learning methods or neural network to predict path loss were also presented. Finally, we presented a clear knowledge about path loss models in 5G to the readers, that we briefly summarized the main results of each studied papers. This provides the opportunities for researchers to modify the previous pathloss models and propose new pathloss models, that can be more beneficial compared to the previous ones

### References

- [1] Adachi, F. (2002, October). Evolution towards broadband wireless systems. In *The 5th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications* (Vol. 1, pp. 19-26). IEEE.
- [2] Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., et al. (2014). Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project. *IEEE communications magazine*, 52(5), 26-35.
- [3] Narekar, N. P., & Bhalerao, D. M. (2015, April). A survey on obstacles for 5G communication. In *2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)* (pp. 0831-0835). IEEE.
- [4] Mitra, R. N., & Agrawal, D. P. (2015). 5G mobile technology: A survey. *ICT express*, 1(3), 132-137.
- [5] Niu, Y., Li, Y., Jin, D., Su, L., & Vasilakos, A. V. (2015). A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: opportunities and challenges. *Wireless networks*, 21(8), 2657-2676.
- [6] Uwaechia, A. N., & Mahyuddin, N. M. (2020). A comprehensive survey on millimeter wave communications for fifth-generation wireless networks: Feasibility and challenges. *IEEE Access*, 8, 62367-62414.
- [7] Al-Saman, A., Cheffena, M., Elijah, O., Al-Gumaei, Y. A., Abdul Rahim, S. K., & Al-Hadhrani, T. (2021). Survey of millimeter-wave propagation measurements and models in indoor environments. *Electronics*, 10(14), 1653.
- [8] Rappaport, T. S., Xing, Y., MacCartney, G. R., Molisch, A. F., Mellios, E., & Zhang, J. (2017). Overview of millimeter wave communications for fifth-generation (5G) wireless networks—With a focus on propagation models. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, 65(12), 6213-6230.
- [9] Sun, S., Rappaport, T. S., Rangan, S., Thomas, T. A., Ghosh, A., Kovacs, I. Z., et al. (2016, May). Propagation path loss models for 5G urban micro-and macro-cellular scenarios. In *2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)* (pp. 1-6). IEEE.
- [10] Zhang, Y., Wen, J., Yang, G., He, Z., & Wang, J. (2019). Path loss prediction based on machine learning: Principle, method, and data expansion. *Applied Sciences*, 9(9), 1908.
- [11] Thrane, J., Zibar, D., & Christiansen, H. L. (2020). Model-aided deep learning method for path loss prediction in mobile communication systems at 2.6 GHz. *Ieee Access*, 8, 7925-7936.
- [12] Cheng, H., Ma, S., & Lee, H. (2020). CNN-based mmWave path loss modeling for fixed wireless access in suburban scenarios. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 19(10), 1694-1698.
- [13] Sotiroudis, S. P., Sarigiannidis, P., Goudos, S. K., & Siakavara, K. (2021). Fusing diverse input modalities for path loss prediction: A deep learning approach. *IEEE Access*, 9, 30441-30451.
- [14] Nguyen, C., & Cheema, A. A. (2021). A Deep Neural Network-Based Multi-Frequency Path Loss Prediction Model from 0.8 GHz to 70 GHz. *Sensors*, 21(15), 5100.
- [15] Juang, R. T. (2021). Explainable Deep-Learning-Based Path Loss Prediction from Path Profiles in Urban Environments. *Applied Sciences*, 11(15), 6690.
- [16] Cheng, H., Ma, S., Lee, H., & Cho, M. (2021). Millimeter Wave Path Loss Modeling for 5G Communications Using Deep Learning With Dilated Convolution and Attention. *IEEE Access*, 9, 62867-62879.
- [17] Sun, S., MacCartney, G. R., & Rappaport, T. S. (2017, May). A novel millimeter-wave channel simulator and applications for 5G wireless communications. In *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-7). IEEE.
- [18] Hasan, R., Mowla, M. M., Rashid, M. A., Hosain, M. K., & Ahmad, I. (2019, February). A statistical analysis of channel modeling for 5g mmwave communications. In *2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)* (pp. 1-6). IEEE.
- [19] Lodro, M. M., Majeed, N., Khuwaja, A. A., Sodhro, A. H., & Greedy, S. (2018, March). Statistical channel modelling of 5G mmWave MIMO wireless communication. In *2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)* (pp. 1-5). IEEE.
- [20] Fiandrino, C., Assasa, H., Casari, P., & Widmer, J. (2019). Scaling millimeter-wave networks to dense deployments and dynamic environments. *Proceedings of the IEEE*, 107(4), 732-745.
- [21] Lin, Z., Du, X., Chen, H. H., Ai, B., Chen, Z., & Wu, D. (2019). Millimeter-wave propagation modeling and measurements for 5G mobile networks. *IEEE Wireless Communications*, 26(1), 72-77.
- [22] Saba, N., Mela, L., Sheikh, M. U., Ruttik, K., Salo, J., & Jäntti, R. (2021, April). Measurements at 5G Commercial 26 GHz Frequency with Above and on Rooftop Level Antenna Masts in Urban Environment. In *2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring)* (pp. 1-5). IEEE.

- [23] Pimienta-del-Valle, D., Mendo, L., Riera, J. M., & Garcia-del-Pino, P. (2020). Indoor LOS Propagation Measurements and Modeling at 26, 32, and 39 GHz Millimeter-Wave Frequency Bands. *Electronics*, 9(11), 1867.
- [24] Pimienta-del-Valle, D., Hernández-Sáenz, S., Sáiz-Coronado, P., Mendo, L., Garcia-del-Pino, P., & Riera, J. M. (2019, March). Indoor path loss measurements at the 5G millimeter-wave bands of 26 and 39 GHz. In 2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (pp. 1-5). IEEE.
- [25] Al-Samman, A. M., Rahman, T. A., Azmi, M. H., & Hindia, M. N. (2016). Large-scale path loss models and time dispersion in an outdoor line-of-sight environment for 5G wireless communications. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 70(11), 1515-1521.
- [26] Al-Samman, A. M., Rahman, T. A., Azmi, M. H., Sharaf, A., Yamada, Y., & Alhammadi, A. (2018, March). Path loss model in indoor environment at 40 GHz for 5G wireless network. In 2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA) (pp. 7-12). IEEE.
- [27] Al-Samman, A. M., Azmi, M. H., Al-Gumaei, Y. A., Al-Hadhrani, T., Fazea, Y., & Al-Mqdashi, A. (2020). Millimeter wave propagation measurements and characteristics for 5G system. *Applied Sciences*, 10(1), 335.
- [28] Liu, J., Matolak, D. W., Mohsen, M., & Chen, J. (2019, September). Path loss modeling and ray-tracing verification for 5/31/90 GHz indoor channels. In 2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Fall) (pp. 1-6). IEEE.
- [29] Qamar, F., Siddiqui, M. H. S., Hindia, M. N., Dimiyati, K., Abd Rahman, T., & Talip, M. S. A. (2018, November). Propagation Channel Measurement at 38 GHz for 5G mm-wave communication Network. In 2018 IEEE student conference on research and development (SCORED) (pp. 1-6). IEEE.
- [30] Oyie, N. O., & Afullo, T. J. O. (2018, August). An Empirical Approach to Omnidirectional Path Loss and Line-of-sight Probability Models at 18 GHz for 5G Networks. In 2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama) (pp. 129-136). IEEE.
- [31] Al-Samman, A. M., Rahman, T. A., Azmi, M. H., & Al-Gailani, S. A. (2018). Millimeter-wave propagation measurements and models at 28 GHz and 38 GHz in a dining room for 5G wireless networks. *Measurement*, 130, 71-81.
- [32] Hindia, M. N., Al-Samman, A. M., Rahman, T. A., & Yazdani, T. M. (2018). Outdoor large-scale path loss characterization in an urban environment at 26, 28, 36, and 38 GHz. *Physical Communication*, 27, 150-160.
- [33] Qamar, F., Hindia, M. N., Abd Rahman, T., Hassan, R., Dimiyati, K., & Nguyen, Q. N. (2021). Propagation characterization and analysis for 5G mmWave through field experiments. *CMC-COMPUTERS MATERIALS & CONTINUA*, 68(2), 2249-2264.
- [34] Al-Samman, A. M., Abd Rahman, T., HINDIA, M. N., & Nasir, J. (2018). Path loss model for indoor emergency stairwell environment at millimeter wave band for 5G network. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 26(6), 3024-3032.
- [35] Aldhaibani, A. O., Rahman, T. A., & Alwarafy, A. (2020). Radio-propagation measurements and modeling in indoor stairwells at millimeter-wave bands. *Physical Communication*, 38, 100955.
- [36] Shen, Y., Shao, Y., Xi, L., Zhang, H., & Zhang, J. (2021). Millimeter-Wave Propagation Measurement and Modeling in Indoor Corridor and Stairwell at 26 and 38 GHz. *IEEE Access*, 9, 87792-87805.
- [37] Nagatomo, S., & Omiya, M. (2021, January). Prediction of 28 GHz Propagation Characteristics in an Indoor Office Environment Based on Large-scale Computer Simulations. In 2020 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP) (pp. 311-312). IEEE.
- [38] Li, S., Liu, Y., Lin, L., Sun, D., Yang, S., & Sun, X. (2018, March). Simulation and modeling of millimeter-wave channel at 60 GHz in indoor environment for 5G wireless communication system. In 2018 IEEE International Conference on Computational Electromagnetics (ICCEM) (pp. 1-3). IEEE.
- [39] Al-Saman, A., Mohamed, M., & Cheffena, M. (2020). Radio propagation measurements in the indoor stairwell environment at 3.5 and 28 GHz for 5G wireless networks. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2020.
- [40] Oyie, N. O., & Afullo, T. J. (2018). Measurements and analysis of large-scale path loss model at 14 and 22 GHz in indoor corridor. *IEEE Access*, 6, 17205-17214.
- [41] Oyie, N. O., & Afullo, T. J. O. (2018, August). A Comparative Study of Dual-Slope Path Loss Model in Various Indoor Environments at 14 to 22 GHz. In 2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama) (pp. 121-128). IEEE.
- [42] Al-Samman, A. M., Abd Rahman, T., & Azmi, M. H. (2018). Indoor corridor wideband radio propagation measurements and channel models for 5g millimeter wave wireless communications at 19 GHz, 28 GHz, and 38 GHz bands. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.
- [43] Qamar, F., Hindia, M. H. D., Dimiyati, K., Noordin, K. A., Majed, M. B., Abd Rahman, T., & Amiri, I. S. (2019). Investigation of future 5G-IoT millimeter-wave network performance at 38 GHz for urban microcell outdoor environment. *Electronics*, 8(5), 495.
- [44] Rubio, L., Torres, R. P., Rodrigo Peñarrocha, V. M., Pérez, J. R., Fernández, H., Molina-Garcia-Pardo, J. M., & Reig, J. (2019). Contribution to the channel path loss and time-dispersion characterization in an office environment at 26 GHz. *Electronics*, 8(11), 1261.
- [45] Al-Samman, A. M., Al-Hadhrani, T., Daho, A., Hindia, M. H. D., Azmi, M. H., Dimiyati, K., & Alazab, M. (2019). Comparative study of indoor propagation model below and above 6 GHz for 5G wireless networks. *Electronics*, 8(1), 44.
- [46] Majed, M. B., Rahman, T. A., Aziz, O. A., Hindia, M. N., & Hanafi, E. (2018). Channel characterization and path loss modeling in indoor environment at 4.5, 28, and 38 GHz for 5G cellular networks. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2018.
- [47] Hossain, F., Geok, T. K., Rahman, T. A., Hindia, M. N., Dimiyati, K., Ahmed, S., ... & Abd Rahman, N. Z.



- (2019). An efficient 3-D ray tracing method: prediction of indoor radio propagation at 28 GHz in 5G network. *Electronics*, 8(3), 286.
- [48] Kamboh, U. R., Ullah, U., Khalid, S., Raza, U., Chakraborty, C., & Al-Turjman, F. (2021). Path loss modelling at 60 GHz mmWave based on cognitive 3D ray tracing algorithm in 5G. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 1-17.
- [49] Sousa, M., Alves, A., Vieira, P., Queluz, M. P., & Rodrigues, A. (2021). Analysis and Optimization of 5G Coverage Predictions Using a Beamforming Antenna Model and Real Drive Test Measurements. *IEEE Access*, 9, 101787-101808.
- [50] Xu, T., Pan, Z., Zhang, H., Zou, Q., & Bao, C. (2021, June). Modeling and Analysis of Millimeter Wave 5G Cellular Networks Based on 3-D Spatial Model. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1944, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.



# FPGA Design of a High- Resolution FIR Band-Pass Filter by Using LabVIEW Environment

Güner Tatar<sup>1\*</sup>, Salih Bayar<sup>2</sup>, İhsan Çiçek<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Fatih Sultan Mehmet Vakıf University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3664-1366),  
[gtatar@fsm.edu.tr](mailto:gtatar@fsm.edu.tr)

<sup>2</sup> Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4600-1880),  
[salih.bayar@marmara.edu.tr](mailto:salih.bayar@marmara.edu.tr)

<sup>3</sup> İstinye University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7881-1263),  
[ihsan.cicek@istinye.edu.tr](mailto:ihsan.cicek@istinye.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1016363)

**ATIF/REFERENCE:** Tatar, G., Bayar, S., & Cicek, I. (2021). FPGA Design of a High- Resolution FIR Band-Pass Filter by Using LabVIEW Environment. *European Journal of Science and Technology*, (29), 273-277.

## Abstract

Designers regularly use Finite Impulse Response (FIR) filters to fulfil the need for current electronic design applications such as signal or image processing and digital communications because of the remarkable selectivity computational efficiency. Fast and efficient information processing requires a dedicated microprocessor or a digital signal processor that may not always be available or provide enough performance. In such scenarios, designers can configure FPGAs for processing digitized signals. One of the most popular signal processing applications is filtering. Unlike the Infinite Impulse Response (IIR) filters, FIR filters do not have analog equivalent circuits. For this purpose, continuous time-discrete time conversion is not possible with the help of transforms. Because analog filters cannot have a finite impulse response, the design methods of FIR filters can be made as windowing method, pulse response truncation, and optimal filter design method. Considering this information, it aims to digitally separate two signals with different frequencies (2.4 kHz and 4.2 kHz), which are given to the input as analog, to obtain the desired information signal and suppress other signals. We preferred to use LabVIEW graphical programming language to get the digital FIR filter coefficients. We selected rectangular windowing, set the digital filter's sampling frequency as 18720 Hz, and determined the filter's coefficient with high-frequency resolution as 24. Using filter coefficients in the real-time FPGA-VHDL environment, we showed the performance and resource consumption. LabVIEW is used for simulation as well as obtaining filter coefficients. In addition, we compared both simulation and real-time FPGA-VHDL application output waveforms and examined both platforms' advantages and disadvantages.

**Keywords:** Digital filter design, Finite Impulse Response (FIR), FPGA-VHDL, LabVIEW Environment

## LabVIEW Ortamını Kullanarak Yüksek Frekans Çözünürlüklü FIR Bant Geçiren Filtrenin FPGA Tasarımı

### Öz

Tasarımcılar, dikkate değer hesaplama verimliliği nedeniyle sinyal işleme görüntü işleme ve sayısal iletişim gibi mevcut elektronik tasarım uygulamalarına olan ihtiyacı karşılamak için düzenli olarak sonlu dürtü yanıtına (FIR) sahip filtreleri kullanırlar. Verilerin hızlı ve verimli bir şekilde işlenmesi için her zaman mevcut olmayan veya yeterli performans sağlamayan özel bir mikroişlemci veya sayısal sinyal işlemcisi gerektirir. Bu tür senaryolarda tasarımcılar, sayısala çevrilmiş sinyalleri işlemek için FPGA'lerin yeniden yapılandırılabilir özelliğinden yararlanırlar. En popüler sinyal işleme uygulamalarından biri filtrelemedir. Sonsuz darbe yanıtı (IIR) filtrelerin aksine, FIR filtrelerin analog eşdeğerleri yoktur. Bu amaçla dönüşümler yardımıyla sürekli – zaman, ayrık – zaman dönüşümü mümkün değildir. Analog filtreler sonlu bir darbe yanıtına sahip olmadığından, FIR filtrelerin tasarım yöntemleri; pencereleme yöntemi, darbe yanıtı kesme ve optimal filtre tasarım yöntemi olarak yapılabilir. Bu bilgiler ışığında giriş analog olarak verilen farklı frekanstaki (2.4 Khz ve 4.2 Khz) iki sinyali sayısal olarak ayırarak istenilen bilgi sinyalinin elde etmeyi ve diğer sinyalleri bastırmayı amaçlayan bir filtre tasarımı sunulmuştur. Sayısal filtrenin katsayılarını elde etmek için LabVIEW grafiksel programlama dilini kullanmayı tercih ettik. Tasarladığımız filtrenin yüksek frekans çözünürlüğü ile katsayısını 24, örnekleme frekansını 18720Hz ve filtreleme işlemi için dikkörtgen pencereleme yöntemini kullandık. Gerçek-zamanlı FPGA-VHDL ortamında belirlediğimiz filtre katsayılarını kullanarak performans ve kaynak tüketimini gösterdik. Bunlara ek olarak, hem benzetim hem de gerçek zamanlı FGPA-VHDL uygulaması çıkış dalga formlarını karşılaştırarak platformların avantaj ve dezavantajlarını inceledik.

**Anahtar Kelimeler:** Sayısal filtre tasarımı, Sonlu dürtü yanıtı (SDY), FPGA-VHDL, LabVIEW grafiksel tasarım platformu.

\* Corresponding Author: [gtatar@fsm.edu.tr](mailto:gtatar@fsm.edu.tr)

# 1. Introduction

Digital signal processing is widely used in many platforms such as multimedia and communications. In most of these applications, unwanted noise is generated due to the electrical components, bad circuit design, or the A/D conversion artefacts. The undesired noise signals must be eliminated for the proper operation of the system of interest. Conventionally, both analog and digital filters and filtering techniques have been used to suppress the noise and process the signal of interest in a selective manner. Discrete-time and continuous-time filter design options are also available according to the requirements of the target application. Thanks to the technological progress of A/D converters, modern signal processing is mostly performed in the digital domain. It is more convenient to use the digital environment because of the advantages and performance. Current semiconductor technology is focused on the development of higher speed digital circuits at submicron processes. In the digital domain, both hardware and software acceleration approaches are used to improve the performance of designs through parallelization. Hardware accelerators are used as system peripherals to offload the processor from computation-intensive tasks. Examples of hardware accelerators include multi-core CPU architectures, GPUs, application-specific integrated circuit ASICs, and FPGAs. Considering the cost, performance and energy consumption, the use of FPGAs in real-time applications is increasing [1-2]. FPGAs have been successfully employed in signal processing applications where both design flexibility and high performance are required. In digital signal processing, FPGA implemented digital filters are used frequently to remove interfering signals or noise.

In general, analog-to-digital converters are used to quantize analog expressions in a signal processing cycle digitally. The sampled and quantized information packet is then processed using the FPGA, as shown in Figure 1. The unwanted signals in the information signal are suppressed, and the processed signal is converted into a continuous signal with the help of a digital-analog converter. Signal processing in the digital domain allows for advanced algorithm designs that provide higher performance and greater flexibility than its analog counterpart. Developing semiconductor technology and increasing performance requirements in specific applications have made processing speed a critical parameter. And it made processing speed a required parameter. FPGA-based designs meet these requirements with low latency responses, high-performance workload, and parallel processing capability [3-4].

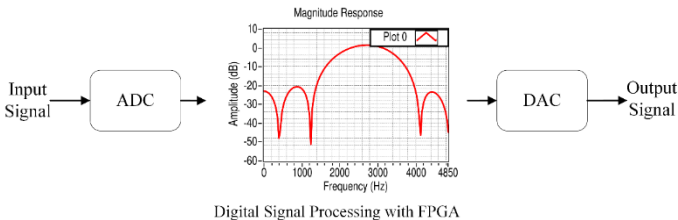


Figure 1. Block diagram of the designed band-pass FIR filter

In signal processing applications, filters perform the suppression of unwanted signals (noise). As mentioned above, filters can be discrete-time or continuous-time. We discussed discrete-time filter design here. A discrete-time filter consists of FIR and IIR [5]. Despite their low computational speed and high filter order, FIR filters are often preferred due to their linear

phase and stability [6]. Designers can eliminate high computational load with the help of hardware accelerators with high switching frequencies such as FPGA. Since FIR filters do not have analog equivalents like IIR filters, they require direct discrete-time design. FIR filters, which are frequently used in applications where memory is not needed, and linear phase response is needed, have a stable output response for any input. This is the reason why FIR filters are preferred. With digital filters, the hardware design process can be a bottleneck for a successful outcome. Alternative high-level design methods such as National Instrumentation and Matlab have been developed to shorten the design time of the hardware. Although the traditional hardware description languages VHDL or Verilog are still used today, the need for high-level synthesis approaches has increased to shorten the design process.

This study examines high-frequency resolution FIR bandpass filter design as a sample design scenario to compare a digital filter design flow based on traditional hardware description language VHDL with a high-level design approach such as LabVIEW. The system diagram of the designed filter is given in Figure 1. The filter is designed with the Kaiser windowing method with 18750 Hz sampling frequency (FS), 1.8 kHz low cutoff frequency (FL), 3.6 kHz high cutoff frequency (FH). The designed filter suppresses high-frequency signals while allowing the low-frequency signal to pass through the sum of two different signals (2.4 kHz and 4.2 kHz) applied to the input, according to the determined cutoff frequencies.

We organised the rest of this study as follows; in Section II, we explained the high-frequency resolution bandpass FIR filter; in Section III, we discussed in detail the methods of obtaining the coefficients of the designed filter and the simulation results performed in the LabVIEW environment.

# 2. Design of the 24-Tap High Frequency Resolution FIR Band-Pass Filter

FIR filters are linear phase filters with a finite impulse response and have no analog equivalent. As the degree (taps) of the FIR filter increases, the pass frequency range of the filter becomes narrower. While IIR filters consist of zeros and poles, FIR filters contain only zeros, so they are filters without feedback. Figure 2 shows the general block diagram of the FIR filter. Equations (1) and (2) are FIR filters' zero distribution and transfer functions.

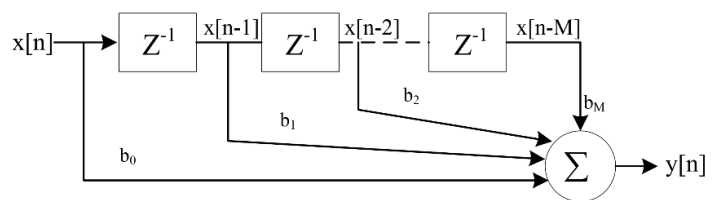


Figure 2. General block diagram of FIR filter

$$y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n - k] \tag{1}$$

$$H(z) = \sum_{k=0}^M b_k z^{-k} \tag{2}$$

We used Harris' rule-of-thumb method for filter design in terms of quick and convenient estimation. This basic rule provides the opportunity to obtain information about the number of taps during filter design and perform it with the iteration method. Thus, we can see the effect of stopband attenuation and the steepness of the passband on the number of taps. In equations (3) and (4), we found the value of tap 24 for a filter with 50 dB attenuation, a sampling frequency of 18750 Hz, a lower cutoff frequency of 1800 Hz and an upper cutoff frequency 3600 Hz.

$$B_r = \frac{F_{stop} - F_{pass}}{F_s} = \frac{3600 - 1800}{18750} = 0.096 \quad (3)$$

$$N_{Taps} = \frac{Attn(dB)}{22 \times B_r} = \frac{50}{22 \times 0.096} = 23.674 \cong 24 \quad (4)$$

Where,  $N_{Taps}$  is simply called as a coefficients/delay pair,  $B_r$  is the normalized transition band,  $Attn$  is the desired attenuation in dB,  $F_{pass}$  and  $F_{stop}$  are the passband and stopband frequencies,  $F_s$  is the sampling frequency in Hz and 22 is constant value.

We carried out the design of the filter in the LabVIEW environment. We obtained the filter coefficients, and design results in the LabVIEW environment, then transferred them to the FPGA-VHDL environment and made comparisons accordingly.

### 2.1. Verification of the Discrete-Time FIR Filter and Calculation of the Filter Coefficients

We performed both simulation and verification of the filter using the NI LabVIEW platform. Here, we obtained the coefficients of the filter from the filter that we designed graphically. To get the coefficients, we used the sum of two signals, 2.4 KHz and 4.2 KHz, as the test signal and 18750 Hz. as the sampling signal. We preferred 90 degrees as the phase difference of the two signals with amplitudes of 0.8 V and 1.2 V. For the bandpass filter with 1.8 KHz lower cutoff frequency and 3.6 KHz uppercut frequency; we preferred 24th order and Kaiser window. Figure 3 shows the LabVIEW code block. As can be seen from the figure, the code block consists of three parts: the signal generation stage where we generated the test signal, the analog filtering stage. Since there is no analog equivalent of FIR filters, there does not exist conversion between each other. Hence, we had to make a discrete-time and analog filter design. LabVIEW offers some programs as subprograms (sub. vi). Here, we used virtual instruments (vi.) provided by LabVIEW. The cutoff and sampling frequencies used in the discrete and continuous-time filtering stages are the same. We observed that the obtained filter coefficients are different. Since we designed the discrete-time filter, we used the coefficients of the digital filtering stage in the FPGA-VHDL environment, and the results were accordingly. In addition, amplitude response, phase response, Fast Fourier Transform (FFT), and discrete-time Z-plane show the filter's properties.

We calculated the frequency spectrum of the filtered signal using the Fast Fourier Transform (FFT) as shown in Figure 5-a. FFT is an algorithm where mathematical operations are done very quickly. While calculating the spectrum of signals, it uses the Discrete Fourier Transform (DFT), which is expressed by the equation (5) [7]. Computing the DFT for an application with N data requires approximately  $\sim N^2$  complex and time-consuming

mathematical processes. For this reason, instead of directly applying DFT for an application with N data samples, we preferred to use the built-in FFT algorithm provided by LabVIEW and presented to the user out-of-the-box. Unlike IIR filters, since there is no feedback in FIR filters, there are only forward coefficients, which evolves to zero points. We obtained zero-point representations (5-b) of the filter using pole-zero.vi available in LabVIEW.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)} \quad (5)$$

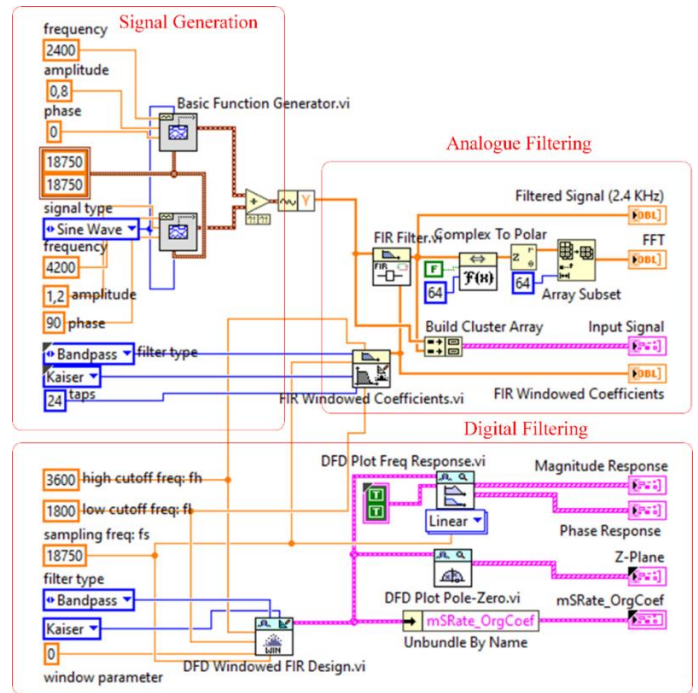


Figure 3. LabVIEW design of band-pass FIR filter with filter coefficients

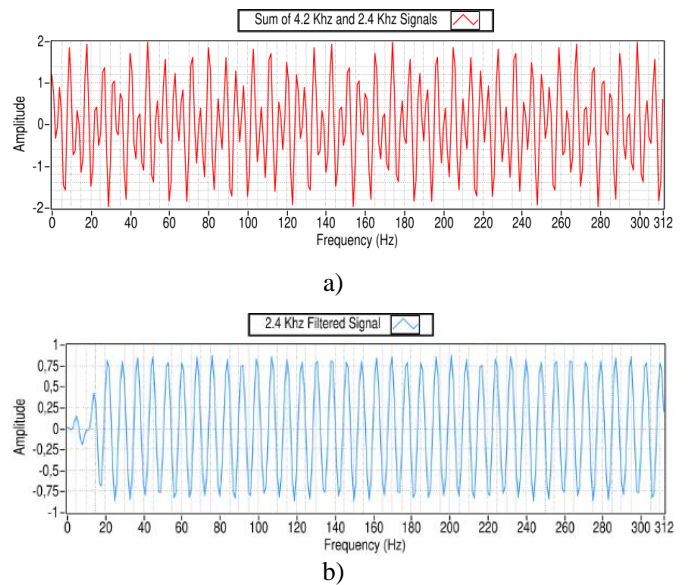


Figure 4. Sum of 4.2 KHz and 2.4 KHz (a) signal output, and 2.4 KHz filtered (b) signal output

Figure 4-a gives the sum of the 4.2 KHz interference signal and the corresponding 2.4 KHz signal, whereas Figure 4-b shows the filtered signal. As seen in the filtered signal, we can observe that the output signal is about 0.8 V and 2.4 KHz. Since the



signal of interest stays in the passband range, it allows the filter output, while the noise signal is stopped by the filter corner frequencies and is not allowed to pass through.

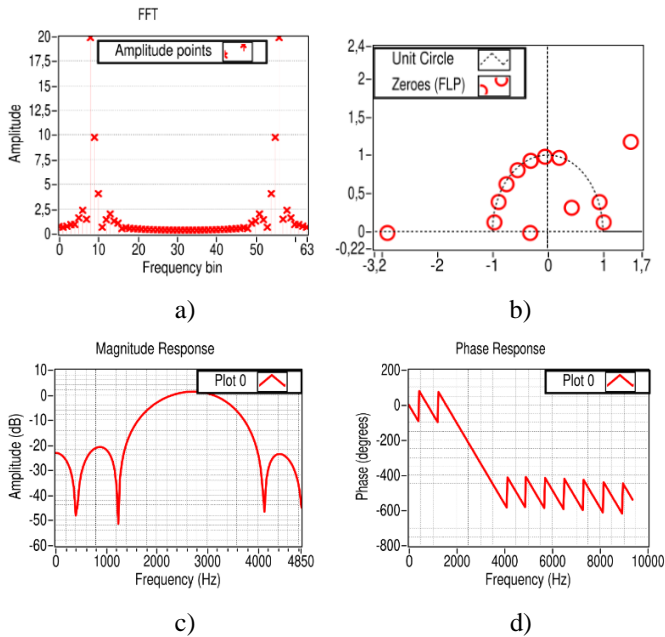


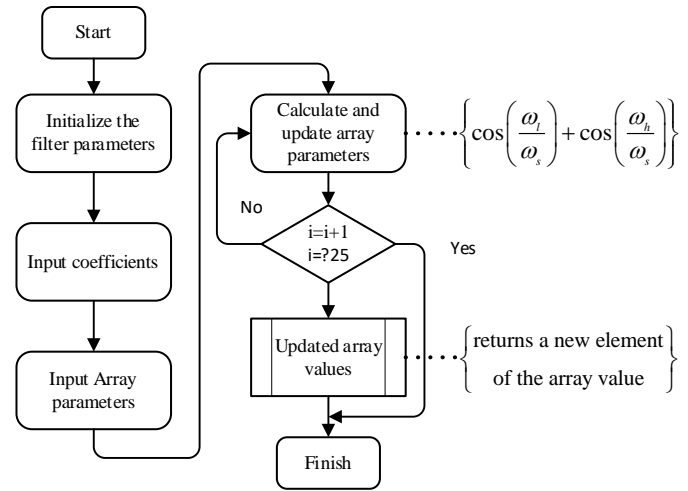
Figure 5. Fast fourier transform (a), zero location (b) on the complex z-plane, Magnitude (c) response, and phase (d) response of the FIR filter

One can find the magnitude response of an FIR filter by interpreting a linear system. The real magnitude spectrum is defined as the input to a linear system with the magnitude response of a rectangular window. The output obtained in response to this input is obtained as the magnitude response of the FIR filter. Considering the characteristics of linear systems, the output of a system appears as the product of the input and the system response. However, different window types affect the shape of the magnitude response. Figure 5-c shows the frequency spectrum of the magnitude response of the Kaiser filter. Suppose it is desired to design a filter with a better transition region approximation. In that case, it is recommended to choose window functions with different frequency characteristics in accordance with the magnitude response. Here, the Kaiser window model is preferred by considering the filter's structure, lower and upper cut-off frequencies and sampling frequency. Figure 5-d gives the phase response of the system.

### 3. VHDL Implementation and Algorithm Design

We used the flowchart given in Figure 6 and the pseudocode next to it for the VHDL implementation. VHDL, which is one of the hardware description languages, was preferred for the FPGA platform. The VHDL language consists of the *entity* layer where the input-output definition is made, an *architecture* that performs the logic functions, and a *process* layer that performs serial programming. We created an array of 24 in the architecture layer to hold the filter coefficients we obtained in the LabVIEW environment and two integer arrays to hold the input signal and filtered signals. Since the clock speeds of each hardware are different, we defined the source frequency after writing the code, not at the input. Considering the rising edge of the clock frequency in the process, we designed a shift register for each clock transition. When the program is started to run, filter

coefficients are multiplied by each register cell according to the determined parameter values, shifted and saved. This process continues according to the value of the counter in the "for loop". A continuous-time signal is generated from the discrete-time, accordingly. Here, we preferred direct form FIR filter design and compared both LabVIEW and VHDL results.



Algorithm 1 Discrete-time FIR Filter Design

- 1: Initialize the filter parameters
- 2: Define the clock frequency and Array size
- 3: Compute filter coefficients
- 4: **for** iteration = 1, 2, ..., do
- 5:     Update array parameters
- 6:     **if** the filteredSignal obtained
- 7:         then
- 8:         Generate output signal
- 9:     **end for**
- 10: Implement as an hardware

Figure 6. Flowchart and algorithm of FIR filter implementation

The algorithm above provides the VHDL implementation of the FIR filter. For the easy application of the algorithm, the filter's lower and upper cutoff frequencies and sampling frequency are determined. One should adjust the clock frequency according to different hardware features. Upon the program execution, we multiplied the input signal and the filter coefficients. Because the filter is in the pipeline structure, we kept the previous value of the filter output in memory in each clock cycle. This situation continues until all the coefficient values are updated. We calculated the filter order, lower cut and uppercut frequencies and sampling frequencies for the VHDL implementation. We tested them in the Aldec Active-HDL simulation environment and obtained the results presented in Figure 7.

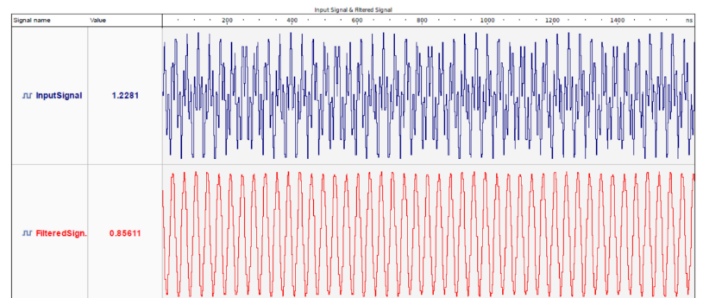


Figure 7. VHDL implementation functional simulation result

As seen in Figure 7, we obtained results similar to LabVIEW design results. The result of the application shown in blue in Figure 7 shows the sum of the two signals applied to the input, and the filtered signal in red. It is essential to make the necessary optimizations on hardware with limited resources. Table 1. shows the estimated resource usage in the FPGA by LabVIEW of the work done. The resource usage in the given table is calculated as an estimate. The designer can reduce resource usage with different algorithms and optimization methods.

Table 1. LabVIEW approximate FPGA Resource Utilization

Data type	FF	LUT	BRAM	MUX	DSP
Function generator	94	156	2	-	-
FFT	697	2368	6	16	-
FIR filter vi	1000	1200	-	-	12
Other remaining usage	20473	21359	82	-	138
Total usage	22264	25083	90	16	150

#### 4. Conclusions and Recommendations

In this study, we designed a high-frequency resolution (24 tabs) discrete-time direct form bandpass FIR filter both in the LabVIEW environment and in real-time in the FPGA environment. We obtained the filter coefficients for the FPGA-VHDL application from the LabVIEW design. According to the given corner frequencies (3.6 Khz upper, 1.8 Khz lower), the designed filter passes the low frequencies from the sum of two signals with different frequencies (2.4 Khz and 4.2 Khz) while detecting other signals as noise and suppressing them. We determined the sampling frequency of the filter to be 18750 Hz. and its order to be 24. We developed and implemented the VHDL model to validate the functionality of the proposed filter. The simulation and application results show that the filter works without any problems. Considering the LabVIEW-FPGA resource usage, we observed that the designed filter has a compact footprint, indicating a suitable basis for its integration.

On the one hand, we designed the filter in LabVIEW, in which designers can develop programs quickly without struggling with text-based languages. On the other hand, the VHDL environment is more suitable for hardware designers interested in hardware description languages and successful in software languages. It is not possible to synthesize a program without arithmetic optimization. In FPGA-based hardware, the numbers must be fixed or floating-point; this is tiring and time-consuming. If the designer is going to do HDL programming, he/she should be aware of them. Therefore, LabVIEW is more suitable for rapid prototyping. Transferring the code written in the LabVIEW environment to the FPGA environment is possible with the LabVIEW-FPGA ready software package. All the designer has to do is compile the written code to suitable hardware. Although the VHDL language is difficult to learn compared to other languages, its human readability ensures that it can interfere with the code at any point. Since LabVIEW is graphical programming, there is almost no chance of intervention for each piece of code.

#### References

- [1] Özpolat, E., Karakaya, B., & Gülten, A. (2017). FIR Filtre Tasarımı ve FPGA Ortamında Gerçeklenmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 29(2), 269-275.
- [2] Singh, G., & Prakash, N. R. (2017). FPGA implementation of higher order FIR filter. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 7(4), 1874.
- [3] Paul, A., Khan, T. Z., Podder, P., Hasan, M. M., & Ahmed, T. (2015, February). Reconfigurable architecture design of FIR and IIR in FPGA. In 2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN) (pp. 958-963). IEEE.
- [4] Tatar, G., Kılıç, O., & Bayar, S. (2019, November). FPGA Based Fault Distance Detection and Positioning of Underground Energy Cable by Using GSM/GPRS. In 2019 International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT) (pp. 1-6). IEEE.
- [5] Pal, R. (2017, December). Comparison of the design of FIR and IIR filters for a given specification and removal of phase distortion from IIR filters. In 2017 International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICAC3) (pp. 1-3). IEEE.
- [6] (2021, August 5). Know all About FIR Filters in Digital Signal Processing. <https://www.elprocus.com/fir-filter-for-digital-signal-processing/>.
- [7] Tatar, G., Cicek, I., & Bayar, S. (2021). FPGA Design of a Fourth Order Elliptic Band-Pass Filter Using LabVIEW. European Journal of Science and Technology, (26), 122-127.



# Stokastik İlişkisiz Paralel Makine Çizelgeleme Problemi için bir Matematiksel Model

Mehmet Ertem<sup>1\*</sup>, Feriştah Özçelik<sup>2</sup>, Tuğba Saraç<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5363-3619)

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0329-203X)

<sup>3</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8115-3206)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1017475)

**ATIF/REFERENCE:** Ertem, M., Özçelik, F. & Saraç, T. (2021). Stokastik İlişkisiz Paralel Makine Çizelgeleme Problemi için bir Matematiksel Model. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 278-283.

## Öz

Bir iş, aynı işlemi yapabilen makinaların herhangi birisinde işlem görebiliyor ise bu makinalar, paralel makinalar olarak adlandırılmaktadır. Eğer paralel makinaların bir iş için işlem süreleri farklılık gösteriyorsa bu makinalar ilişkisizdir. İlişkisiz paralel makine çizelgeleme problemi (UPM) hem endüstride yaygın bir uygulama alanına sahip olması hemde esnek atölye tipi çizelgeleme problemi gibi daha karmaşık problemlerin alt problemi olması nedeniyle çizelgeleme literatüründe önemli bir yere sahiptir. Problemin işlem süreleri, hazırlık süreleri, müşteri terminleri gibi parametrelerinin değerlerini kesin olarak belirlemek zordur. Bu parametreler taleplerin ve termin tarihlerinin müşteri tarafından son anda değiştirilmesi, makine arzaları, hammadde temininde aksamalar gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. UPM doğası gereği stokastik bir yapıya sahiptir ve nedenle literatürde problemi deterministik olarak ele alan çok sayıda çalışmanın yanısıra stokastik olarak ele alan çalışmalar da mevcuttur. Ancak problemi stokastik olarak ele alan çalışmaların çoğu işlem sürelerinin stokastik olması durumunu incelemişlerdir. Bu çalışmada ise literatürün genelinden farklı olarak sıra bağımlı hazırlık sürelerini stokastik olarak ele almanın katkısı araştırılmıştır. Sıra bağımlı hazırlık süreli stokastik UPM için iki aşamalı stokastik programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Stokastik problem için bir matematiksel model önerilmiştir. Önerilen modelin etkinliği rassal türetilen test problemleri üzerinde gösterilmiştir. Öncelikle tüm test problemleri parametrelerin deterministik olduğu varsayımı ile deterministik model ile çözülmüş ve çizelgeler elde edilmiştir. Daha sonra sıra bağımlı hazırlık süreleri stokastik olarak ele alınmış ve problemler önerilen stokastik model ile çözülmüştür. Son olarak her bir problem için sıra bağımlı hazırlık süresini stokastik ele almanın katkısı hesaplanmıştır. Yapılan testler, sadece 10 işin olduğu küçük boyutlu problemler için bile problemi stokastik olarak ele almanın son işin tamamlanma zamanını ortalama yüzde %0,305 kısalttığını ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İlişkisiz paralel makina çizelgeleme problemi, İki aşamalı stokastik programlama, stokastik sıra bağımlı hazırlık süreleri.

## A Mathematical Model for Stochastic Unrelated Parallel Machine Scheduling Problem

### Abstract

If a job can be processed by any machines that can do the same operation, these machines are called parallel machines. If parallel machines have different processing times for a job, these machines are unrelated. The unrelated parallel machine scheduling problem (UPM) has an important place in the scheduling literature because it has a wide application area in the industry, and it is a sub-problem of more complex problems such as flexible job-shop scheduling problem. It is difficult to precisely determine the values of the parameters of the problem, such as processing times, setup times, due dates. These parameters may vary depending on many factors, such as changes in demands and due dates by the customer at the last moment, machine malfunctions, and disruptions in raw material supply. For this reason, UPM has a stochastic structure by nature, and there are many studies in the literature that deal with the problem as deterministic, as well as studies that deal with it as stochastic. However, most of the studies dealing with the problem as stochastic have examined the case of stochastic processing times. In this study, unlike the general literature, the contribution of handling the sequence-dependent setup times as stochastic was investigated. A two-stage stochastic programming approach is used for stochastic UPM with sequence-dependent setup time. A mathematical model is proposed for the stochastic problem. The effectiveness of the proposed model is demonstrated on randomly generated test problems. First of all, all test problems were solved with a deterministic model, assuming that the parameters were deterministic, and schedules were obtained. Then, the sequence-dependent setup times were

\* Sorumlu Yazar: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5363-3619, [mertem@ogu.edu.tr](mailto:mertem@ogu.edu.tr)

handled stochastic, and the problems were solved with the proposed stochastic model. Finally, the contribution of stochastic handling of the sequence-dependent setup time for each problem is calculated. Tests have revealed that even for small-sized problems with only 10 jobs, treating the problem as stochastic shortens the completion time of the last job by an average of 0.305%.

**Keywords:** Unrelated parallel machine scheduling problem, Two-stage stochastic programming, stochastic sequence-dependent setup times.

## 1. Giriş

Çizelgeleme problemleri için ilk sistematik çözüm yaklaşımları 1950lerin ortasında önerilmiştir. O tarihten bu yana literatürde pek çok farklı üretim ortamını ele alan çok sayıda çalışma yapılmıştır. Makine çizelgeleme problemleri ile birçok farklı üretim ortamında karşılaşmaktadır. Bu nedenle, üretim açısından hala önemli problemlerden biridir. Çizelgeleme problemleri makine ortamlarına göre tek makine, paralel makine, akış tipi ve atölye tipi çizelgeleme olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir. Paralel makine çizelgeleme problemleri aynı işi yapabilen makinelerin çizelgenmesi problemidir. Son yıllarda üretim sürelerinin farklılık gösterdiği ilişkisiz paralel makine çizelgeleme problemlerine olan ilgi artmıştır.

Makine çizelgeleme problemleri genellikle stokastik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle literatürde problemi stokastik olarak ele alan birçok çalışma vardır. Literatürde yer alan stokastik makine çizelgeleme problemlerini ele alan çalışmaların çoğunluğunda işlem süreleri stokastiktir (Van den Akker and Hoogeveen, 2008; Soroush, 2010; Salmasnia et al., 2015; Chang et al., 2017; Atakan et al., 2017; Lemos and Ronconi, 2015; Gu and Lu, 2010; Iranpoor et al., 2013; Baker, 2014; Aydilek and Allahverdi, 2013).

Makine çizelgeleme çalışmalarının bazılarında hazır olma zamanları (Zhang et al., 2013), arızalar (Gu et al., 2014), sipariş geliş zamanları (Ronconi and Powell, 2010; Xu et al., 2015), hazırlık süreleri (Aydilek et al. 2013) ve sıra bağımlı hazırlık süreleri (Ertem et al., 2019) stokastik olarak ele alınmıştır. Ayrıca birden fazla parametreyi stokastik olarak ele alan çalışmalar da mevcuttur (Wang et al., 2015; Zhang et al., 2018; Allahverdi 2008; Allahverdi 2009; Aydilek et al. 2015; Sharma and Jain 2014).

Sıra bağımlı hazırlık süreli makine çizelgeleme problemiyle birçok farklı üretim ortamında karşılaşmaktadır. Örneğin, plastik üretiminde renk değişimi, metal işlemede kalıp değişimi ve kağıt endüstrisinde kağıt bobinlerinin kesilmesi problemleri sıra bağımlı hazırlık süreleri gerektirirler. Bazı gerçek hayat problemlerinde, hazırlık süreleri hazırlık ekibinin yetenek düzeyleri, hazırlık sırasında kullanılan kaynakların durumu ve hazırlıkta kullanılacak araçların beklenmedik arızaları gibi nedenlerle stokastik olabilmektedir (Allahverdi, 2015). Allahverdi (2015), yaptığı kapsamlı literatür taramasında önemine rağmen sadece birkaç çalışmada stokastik hazırlık sürelerinin ele alındığını ve bu konuyu dikkate alan çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Stokastik parametreler birçok çizelgeleme probleminde yaygın olarak dikkate alınmış olmasına rağmen, sadece birkaç çalışmada sıra bağımlı hazırlık süreleri ile ilgili belirsizlik dikkate alınmaktadır.

Paralel makine çizelgeleme ile ilgili erişilebilen literatür dikkate alındığında, problemi stokastik olarak ele alan sadece bir çalışma vardır. Gu and Lu (2010) çalışmalarında özdeş paralel makine çizelgeleme problemini ele almışlardır. Stokastik kabul ettikleri parametre literatürün genelinde olduğu gibi 'işlem süreleri' dir. Ele aldıkları problemin amacı elde tutma maliyetinin enküçüklenmesidir. Bu çalışmada ise, Gu and Lu (2010)'dan farklı olarak özdeş paralel makine çizelgeleme probleminin geliştirilmesi hali olan ilişkisiz paralel makine çizelgeleme

problemi ele alınmıştır. Bu problemde bir işin işlem süresi her makinada farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca yine ilgili çalışmada ele alınmamış olmasına rağmen bu çalışmada incelenen problemde bir işten diğerine geçişte hazırlık süreleri gerekli olup, bu süreler sıra ve makine bağımlı ve stokastiktir. Bu çalışmada Gu and Lu (2010)'dan farklı olarak, stokastik sıra bağımlı hazırlık sürelerinin son işin tamamlanma zamanına etkileri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Deterministik Model

Bu çalışmada motivasyon kaynağımız plastik enjeksiyon makinasının çizelgenmesi problemidir. Plastik enjeksiyonla üretim, enjeksiyon makinesi ile gerçekleştirilen tek kademeli bir üretim şeklidir. Plastik enjeksiyonla üretim yapan firmalar genellikle küçük ve orta ölçekli yan sanayilerdir. Örneğin Eskişehir'de Arçelik buzdolabı fabrikasının yan sanayisi olarak çalışan ve plastik enjeksiyon ile üretim yapan çeşitli firmalar vardır. Bu tür işletmelerde karşılaşılan temel problemlerden birisi, siparişlerin eldeki makinelere yüklenmesi ve üretim sıralarının belirlenmesi problemidir. İşletmelerde genellikle birden çok enjeksiyon makinası olduğu için bu problem paralel makine çizelgeleme problemi olarak ele alınmaktadır. Makinaların farklı özelliklere sahip olması nedeniyle makineler ilişkisiz kabul edilmektedir.

Enjeksiyonla plastik parça üretiminde, koyu renkli bir parçadan sonra açık renkli bir parçanın üretimi çizelgelendiğinde ya da bazı özellikli hammaddelerin farklı yapıdaki hammaddelerden sonra kullanılması gerektiğinde, hammadde haznesinin tamamen temizlenmesi gerektiğinden hazırlık süreleri ciddi şekilde uzayabilmektedir. Öte yandan enjeksiyon makinelerinde bir ürünün üretilebilmesi için bu ürüne ait kalıbın ilgili makineye bağlanması gerekmektedir. Bir üründen diğerinin üretimine geçileceği zaman gerekecek hazırlık süresi, gerekiyorsa hammadde haznesinin temizlenmesi ve ilgili kalıbın makinaya bağlanması aşamalarından oluşur. Bu iki işlem paralel yapılabileceği için hangisi daha uzunsa, toplam hazırlık süresini o belirler. Ancak her iki hazırlık aşamasının da süresi bu işe ayrılacak iş gücü ve kalıp bağlamak için kullanılacak kreynin başka bir işlem için meşgul olup olmamasına ve makinanın tipine göre oldukça farklılık gösterebilmektedir. Eğer kreyn meşgulse, kalıp değişimi kreynin boş kalmasını beklemek zorundadır. Bu nedenle ele alınan problemde hazırlık süreleri çizelge sırasına ve makinaya bağlı ve stokastiktir.

Özetle, ele alınan problemde,  $n$  iş,  $m$  paralel makinede işlem görmektedir.  $j$  işinin her makinedeki işlem süresi farklıdır. İşlerin hazırlık süreleri sıra ve makine bağımlıdır ve stokastiktir. İşlerin bölünmesine izin verilmemektedir ve işler sıfır zamanında hazırdr. Her makine aynı anda sadece bir iş gerçekleştirilebilmektedir. Amaç fonksiyonu son işin tamamlanma zamanının enküçüklenmesidir.

Problemin 'sıra ve makine bağımlı hazırlık sürelerinin deterministik olduğu' varsayımıyla oluşturulan deterministik matematiksel model ve bu modele ait kümeler, indisler, parametreler, karar değişkenleri, kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıda verilmiştir.



**Kümeler ve İndisler:**

$N = \{1, 2, \dots, n\}$  iş kümesi  
 $M = \{1, 2, \dots, m\}$  makine kümesi  
 $i, j \in N$  iş indisi  
 $k \in N$  sıra indisi  
 $l \in M$  makine indisi

**Parametreler:**

$p_{jl}$ :  $j$ . işin  $l$ . makinedeki işlem süresi

$h_{jl}$ :  $j$ . işin  $l$ . makinede ilk sıraya atanması durumunda hazırlık süresi

$s_{ijl}$ :  $i$  işi  $j$  işinden önce  $l$ . makinede çizelgelenmişse sıra ve makine bağımlı hazırlık süresi

$M$ : yeterince büyük bir pozitif sayı

**Karar Değişkenleri:**

$x_{jkl}$ : eğer  $j$ . iş  $k$ . sırada  $l$ . makineye atandıysa 1, diğer durumda 0

$C_j$ :  $j$  işinin tamamlanma zamanı

**Amaç fonksiyonu:**

$$\text{enk } z = C_{\max} \quad (1)$$

**Kısıtlar:**

$$\sum_j x_{jkl} \leq 1 \quad \forall k, l \quad (2)$$

$$\sum_k \sum_l x_{jkl} = 1 \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_j x_{jkl} - \sum_i x_{i(k-1)l} \leq 0 \quad \forall k, l \quad k > 1 \quad (4)$$

$$C_j + M(1 - x_{jkl}) \geq h_{jl} + p_{jl} \quad \forall j, k, l \quad k = 1 \quad (5)$$

$$C_j + M(2 - x_{jkl} - x_{i(k-1)l}) \geq C_i + p_{jl} + s_{ijl} \quad \forall i, j, k, l \quad i \neq j, k > 1 \quad (6)$$

$$C_{\max} \geq C_j \quad \forall j \quad (7)$$

$$x_{jkl} \in \{0,1\} \quad \forall j, k, l \quad (8)$$

$$C_j \geq 0 \quad \forall j \quad (9)$$

Amaç (1) son işin tamamlanma zamanının enküçüklenmesidir. Denklem (2-3) sırasıyla bir makinanın bir sırasına en fazla bir işin atanabilmesini ve her işin mutlaka bir makinanın bir sırasına atanmasını sağlamaktadır. Denklem (4) aynı makineye atanan işlerin sıra atlamadan işlenmesini sağlamaktadır. Denklem (5) her makinedeki ilk işlerin ve denklem (6) ilk sıra haricindeki işlerin tamamlanma zamanını belirlemektedir. Denklem (7) son işin tamamlanma zamanını hesaplatma kısıtlarıdır. Denklem (8-9) karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır.

Problemin stokastik modeli ve gerekli ek küme, indisler ve parametreler aşağıda verilmiştir.

$W = \{1, 2, \dots, w\}$  senaryo kümesi

$w \in W$  senaryo indisi

$pr_w$ :  $w$ . senaryonun gerçekleşme ihtimali

$s_{ijlw}$ :  $i$  işi  $j$  işinden önce  $l$ . makinede  $w$ . senaryoda çizelgelenmişse sıra ve makine bağımlı hazırlık süresi

$C_{jw}$ :  $j$  işinin  $w$ . senaryodaki tamamlanma zamanı

## 2.2. Stokastik Model

**Amaç fonksiyonu:**

$$\text{enk } z = \sum_w pr_w C_{\max}(w) \quad (10)$$

**Kısıtlar:**

$$\sum_j x_{jkl} \leq 1 \quad \forall k, l \quad (11)$$

$$\sum_k \sum_l x_{jkl} = 1 \quad \forall j \quad (12)$$

$$\sum_j x_{jkl} - \sum_i x_{i(k-1)l} \leq 0 \quad \forall k, l \quad k > 1 \quad (13)$$

$$C_{jw} + M(1 - x_{jkl}) \geq h_{jl} + p_{jl} \quad \forall j, k, l, w \quad k = 1 \quad (14)$$

$$C_{jw} + M(2 - x_{jkl} - x_{i(k-1)l}) \geq C_{iw} + p_{jl} + s_{ijlw} \quad \forall i, j, k, l, w \quad i \neq j, k > 1 \quad (15)$$

$$C_{max}(w) \geq C_{jw} \quad \forall j, w \quad (16)$$

$$x_{jkl} \in \{0,1\} \quad \forall j, k, l \quad (17)$$

$$C_{jw} \geq 0 \quad \forall j \quad (18)$$

Stokastik modelde amaç (10) son işin beklenen tamamlanma zamanının bütün senaryolar üzerinden enküçüklenmesidir. Diğer denlemlerin hepsi deterministik modeldekiyle aynı kısıtları ifade etmektedir, tek bir farkla ki Denklem 14, 15, 16 ve 18’ de kısıtlar her bir senaryo için ayrı ayrı hesaba katılmaktadır.

### 2.3. İki Aşamalı Stokastik Programlama

Stokastik programlama (SP), değerleri belirsiz olan parametrelerin geçmiş veriler veya uzman görüşü kullanılarak değerlendirildiği optimizasyon problemlerinin modellenmesi için bir yaklaşımdır. Belirsiz parametreleri dikkate almanın bir başka yolu, verileri olasılık dağılımlarına dönüştürerek teorik dağılımlar oluşturmaktır. Düzeltme (recourse) modelleri, ilk aşama kararının belirsiz parametre değerlerinin gerçekleşmesinden önce alındığı en yaygın stokastik programlardır. Belirsiz parametrelerin bazıları gerçekleştiikten sonra, önceki aşama kararında düzeltmeler yapılır ve ardından sonraki aşama kararı verilir. En yaygın kullanılan düzeltme modeli, ilk aşama kararının verildiği, ardından belirsizliğin gerçekleştiği ve ikinci aşamada düzeltme kararının verildiği iki aşamalı stokastik modeldir.

Deterministik yaklaşımda, tek bir değere ihtiyaç duyulduğundan geçmiş verileri kullanarak noktasal bir tahmin yapılır ya da bu verilerin ortalaması alınır. Bu yaklaşım, değişkenliği dikkate almaz ve sadece kullanılan tek değeri göz önünde bulundurarak çözüm üretir. Buna karşın, stokastik yaklaşım, parametrelerdeki değişkenliğin senaryolar aracılığıyla hesaba katılmasına ve daha gerçekçi (değişkenliği öngören) bir çözüme yapılmasına izin verir. Hazırlık sürelerindeki değişkenliğin senaryolaştırılabilmesi için geçmiş veriler bir dağılıma uydurularak (distribution fitting) Monte Carlo örnekleme metodu ile her senaryo için rastgele bir parametre değeri üretilir. Böylece, gerçekçi veriler kullanılarak yapılan çözümler olası durumları hesaba katarak uzun dönemde daha başarılı sonuçlar sağlar. Stokastik yaklaşımı kullanmanın avantajını göstermek için deterministik ve stokastik yaklaşımları karşılaştırarak stokastik çözümün değeri (Value of Stochastic Solution-VSS) hesaplanabilir. VSS’yi hesaplama yönteminin adımları aşağıda verilmiştir.

*Adım 1:* Stokastik programlama problemi tüm senaryolar dikkate alınarak çözülür ve amaç fonksiyonu değeri ( $z_s$ ) hesaplanır.

*Adım 2:* Deterministik model kullanarak problem çözülür ve amaç fonksiyonunun değeri ( $z_d$ ) hesaplanır ve işlerin sırasını gösteren  $y$  vektörü belirlenir.

*Adım 3:* Adım 2’de bulunan iş sırasını ( $y$  vektörünü) sabitleyerek stokastik programlama probleminin amaç fonksiyonunun değeri tekrar ( $z_{mv}$ ) hesaplanır.

*Adım 4:* VSS’yi hesaplamak için deterministik ve stokastik amaç fonksiyonu değerleri arasındaki fark ( $VSS = z_{mv} - z_s$ ) bulunur.

### 3. Araştırma Sonuçları

Bu çalışmada sıra bağımlı hazırlık sürelerinin stokastik olduğu UPM’nin çözümü için önerilen stokastik modelin performansını ölçebilmek için rassal olarak türetilmiş 10 işli test problemleri kullanılmıştır. Deterministik test problemi üretim yöntemi Rajendran ve Ziegler’in (2003) önerdiği yöntemle benzerdir. İşlem süreleri ( $p_{jl}$ ), [1, 99] aralığında düzgün dağılıma uygun olarak türetilmiştir. Sıra ve makine bağımlı hazırlık süreleri ( $s_{ijl}$ ), [1, 99] ve [51, 149] aralığında iki farklı düzgün dağılımdan türetilmiştir. 10 iş 2 makine (10-2) için her bir problem grubundan 5’er adet örnek türetilmiştir. Test problemleri, sırasıyla iş-makina sayısı, sıra bağımlı hazırlık süresi üretim yöntemi ([1,99] aralığında ise 1, [51,149] aralığında ise 2) ve örnek numarası dikkate alınarak kodlanmıştır. Örneğin, 10-2-2-1, 2 makede işlem görece 10 işin olduğu ve sıra bağımlı hazırlık sürelerinin [51,149] aralığında türetildiği problemin ilk örneğini göstermektedir. Stokastik problem setleri, deterministik problem parametreleri kullanılarak oluşturulacaktır: stokastik sıra bağımlı hazırlık süreleri deterministik değerlerin %10 ( $[0.90 s_{ijl}^d, 1.10 s_{ijl}^d]$ ), %20 ( $[0.80 s_{ijl}^d, 1.20 s_{ijl}^d]$ ) ve %30 ( $[0.70 s_{ijl}^d, 1.30 s_{ijl}^d]$ ) varyasyonu aralığında rastgele türetilmiştir. Toplamda 30 adet stokastik problem ( $3*2*5$ ) türetilmiştir.

Geliştirilen matematiksel modeller rassal türetilen test problemleri kullanılarak GAMS yazılımının CPLEX çözücüsü ile süre sınırı olmadan çözülmüştür. Tüm problemlerin eniyi çözümlerine ulaşılmıştır. Tablo-1’de elde edilen sonuçlar ve VSS değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Deterministik ve stokastik test problemlerinin amaç fonksiyon ( $C_{max}$ ) değerleri, çözüm süreleri ve VSS değerleri

No	DETERMİNİSTİK		STOKASTİK		VSS	
	$C_{max}$ (sa.)	Süre (s.)	$C_{max}$ (sa.)	Süre (s.)		
10%	10-2-1-1	268	240.45	268.23	24956.41	<b>0</b>
	10-2-1-2	323	215.77	322.83	24864.63	<b>0</b>
	10-2-1-3	310	246.02	309.77	123037.81	<b>0.13</b>
	10-2-1-4	280	190.72	279.77	25270.81	<b>0.10</b>
	10-2-1-5	314	196.14	314.03	27201.31	<b>0</b>
	10-2-2-1	524	984.34	526.80	108456.39	<b>1.13</b>
	10-2-2-2	570	883.75	569.60	113658.20	<b>0</b>
	10-2-2-3	583	1118.86	583.30	136934.25	<b>3.97</b>
	10-2-2-4	507	636.95	509.10	79905.25	<b>0</b>
	10-2-2-5	548	1262.91	547.13	176714.33	<b>0.83</b>
20%	10-2-1-1	298	189.78	299.80	38638.22	<b>0</b>
	10-2-1-2	283	148.33	282.40	20685.39	<b>0</b>
	10-2-1-3	213	150.05	214.10	49434.70	<b>0</b>
	10-2-1-4	262	183.41	261.70	27655.63	<b>0</b>
	10-2-1-5	247	156.19	246.27	18464.45	<b>0</b>
	10-2-2-1	551	1161.78	556.80	210277.02	<b>0</b>
	10-2-2-2	498	873.88	504.30	213968.19	<b>0</b>
	10-2-2-3	502	881.36	499.00	112639.84	<b>4</b>
	10-2-2-4	517	626.13	522.67	213219.31	<b>0</b>
	10-2-2-5	538	33801.64	537.93	199945.44	<b>3.7</b>
30%	10-2-1-1	228	115.89	228.20	15582.95	<b>3.10</b>
	10-2-1-2	314	281.06	314.27	39529.69	<b>0</b>
	10-2-1-3	286	177.97	287.17	25410.84	<b>0</b>
	10-2-1-4	256	130.19	256.93	12357.89	<b>0</b>
	10-2-1-5	273	206.98	272.03	25065.83	<b>2.67</b>
	10-2-2-1	516	857.42	522.97	210369.35	<b>0</b>
	10-2-2-2	557	987.35	550.60	154325.21	<b>2.57</b>
	10-2-2-3	563	1451.96	563.43	187985.27	<b>16.17</b>
	10-2-2-4	517	904.17	520.87	98429.88	<b>5.17</b>
	10-2-2-5	571	726.83	581.60	131604.66	<b>0</b>

Tablo 1’den de görülebileceği gibi 10 iş iki makine olan küçük problemlerde bile 30 problemin 12’sinde pozitif VSS elde

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada sıra bağımlı hazırlık sürelerinin stokastik olduğu UPM ele alınmıştır. Ele alınan problemin çözümü için iki aşamalı stokastik programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım gereği çözülmesi gereken deterministik ve stokastik UPM için matematiksel modeller kullanılmıştır. Problemin deterministik versiyonu için literatürde matematiksel modeller mevcuttur. Ancak stokastik model bu çalışma kapsamında önerilmiştir. Her iki modelinde eniyi çözümlerinin elde edilebilmesi için rassal olarak türetilmiş 10 işli test problemleri kullanılmıştır. Yapılan testler, sıra bağımlı hazırlık sürelerinin stokastik olduğu durumlarda bu parametreyi deterministik kabul etmenin son işin tamamlanma zamanını %0,315 uzattığını ortaya koymuştur. Daha çok işin olduğu büyük problemlerde bu kaybın katlanarak büyüyeceği öngörülmektedir. Ancak problem boyutu büyüdükçe özellikle stokastik modelle problemi çözmek çok süre gerektirebilir veya bir uygun çözüme ulaşmak bile mümkün olmayabilir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda deterministik ve stokastik UPM problemlerinin bir metasezgisel algoritma ile çözüldüğü iki aşamalı stokastik programlama yaklaşımları kullanılarak, sıra bağımlı hazırlık sürelerini stokastik ele almanın büyük boyutlu problemlere katkısı incelenebilir.

edilmiştir. Bu sonuç sıra bağımlı hazırlık sürelerini stokastik olarak ele almanın katkısını açıkça ortaya koymaktadır.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 120M886 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

#### Kaynakça

- Allahverdi, A. 2008. “Three-machine flowshop scheduling problem to minimize makespan with bounded setup and processing times.” *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers* 25(1): 52–61.
- Allahverdi, A. 2009. “Three-machine flowshop scheduling problem to minimize maximum lateness with bounded setup and processing times.” *Journal of Operations and Logistics* 2: 1-11.
- Allahverdi, A. 2015. “The third comprehensive survey on scheduling problems with setup times/costs.” *European Journal of Operational Research* 246: 345-378.
- Atakan, S., K. Bülbül · and N. Noyan. 2017. “Minimizing value-at-risk in single-machine scheduling” *Ann Oper Res* 248:25–73.
- Aydilek, A., H. Aydilek, and A. Allahverdi. 2013. “Increasing the profitability and competitiveness in a production environment with random and bounded setup times.” *International Journal of Production Research* 51: 106–117.
- Aydilek, H., A. Aydilek, and A. Allahverdi. 2015. “Production in a two-machine flowshop scheduling environment with

- uncertain processing and setup times to minimize makespan.” *International Journal of Production Research* 53: 2803–2819.
- Aydilek, H., and A. Allahverdi. 2013. “A polynomial time heuristic for the two-machine flowshop scheduling problem with setup times and random processing times.” *Applied Mathematical Modelling* 37 (12-13): 7164–7173.
- Baker, K.R., 2014, “Minimizing earliness and tardiness costs in stochastic scheduling”, *European Journal of Operational Research*, 236, 445–452.
- Chang, Z., S. Song , Y. Zhang , J.Y. Ding, R. Zhang, and R. Chiong. 2017. “Distributionally robust single machine scheduling with risk aversion.” *European Journal of Operational Research* 256: 261–274.
- Ertem M., Ozcelik F., Sarac T. (2019), “Single machine scheduling problem with stochastic sequence-dependent setup times”, *International Journal of Production Research*, DOI:10.1080/00207543.2019.1581383.
- Gu, J., M. Gu, and X. Gu. 2014. “Optimal Rules for Single Machine Scheduling with Stochastic Breakdowns.” *Mathematical Problems in Engineering* 1-9.
- Gu, M. and Lu, X., 2010, “Stochastic scheduling problem with varying weight for each job”, *ASIA-PACIFIC JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING*, 5, 681–689.
- Iranpoor, M., Fatemi Ghomi, S.M.T., Zandieh, M., 2013, “Due-date assignment and machine scheduling in a low machine-rate situation with stochastic processing times” *Computers & Operations Research*, 40, 1100–1108.
- Lemos, R.F., Ronconi, D.P. 2015. “Heuristics for the stochastic single-machine problem with E/T costs”. *International Journal of Production Economics* 168:131–142.
- Rajendran, C., & Ziegler, H. 2003. “Scheduling to minimize the sum of weighted flowtime and weighted tardiness of jobs in a flowshop with sequence-dependent setup times.” *European Journal of Operational Research*, 149(3), 513-522.
- Ronconi, D.P., and W.B. Powell. 2010. “Minimizing total tardiness in a stochastic single machine scheduling problem using approximate dynamic programming.” *Journal of Scheduling* 13: 597–607.
- Salmasnia, A., M. Khatami, R.B. Kazemzadeh, S.H. Zegordi. 2015. “Bi-objective single machine scheduling problem with stochastic processing times.” *TOP*, 23:275–297.
- Sharma, P., and A. Jain. 2014. “Analysis of dispatching rules in a stochastic dynamic jobshop manufacturing system with sequence-dependent setup times.” *Frontiers of Mechanical Engineering* 9(4): 380–389.
- Sorosh, H.M. 2010. “Solving a stochastic single machine problem with initial idle time and quadratic objective.” *Computers & Operations Research* 37: 1328–1347.
- Van den Akker, M., and H. Hoogeveen. 2008. “Minimizing the number of late jobs in a stochastic setting using a chance constraint.” *Journal of Scheduling* 11: 59–69.
- Wang, D.J., Liu, F., Wang, Y.Z. and Jin, Y., 2015. “A knowledge-based evolutionary proactive scheduling approach in the presence of machine breakdown and deterioration effect.” *Knowledge-Based Systems*, 90, pp.70-80.
- Xu, L., Wang, Q. and Huang, S., 2015. “Dynamic order acceptance and scheduling problem with sequence-dependent setup time.” *International Journal of Production Research*, 53(19), pp.5797-5808.
- Zhang L., Y. Lin, Y. Xiao and X. Zhang. 2018. “Stochastic single-machine scheduling with random resource arrival times.” *International Journal of Machine Learning and Cybernetics* 9(7): 1101–1107.
- Zhang, J., Yang, W., Tu, Y. 2013, “Scheduling with compressible and stochastic release dates”, *Computers & Operations Research*, 40, 1758–1765.





# An Assessment of Active Disturbance Rejection Technique From a Theoretical Perspective

Deha Eker\*, Necdet Sinan Özbek

<sup>1\*</sup> Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8457-1438), [deker@atu.edu.tr](mailto:deker@atu.edu.tr)

<sup>2</sup> Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7184-9015), [nozбек@atu.edu.tr](mailto:nozбек@atu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1024241)

**ATIF/REFERENCE:** Eker, D. & Özbek, N.S. (2021). An Assessment of Active Disturbance Rejection Control from a Theoretical Perspective. *European Journal of Science and Technology*, (29), 284-291.

## Abstract

This paper discusses a recent disturbance suppression technique namely, active disturbance rejection control (ADRC) from the theoretical perspective. The technique is one of the recently applied control schemes in various sectors of industry and several areas of research. The methodology is elaborated with a theoretical perspective. Furthermore, the control techniques are categorized by some criteria. The paper aims to express the control techniques of ADRC from controller's perspective.

**Keywords:** Active Disturbance Rejection Control (ADRC), disturbance suppression, total disturbance, nonlinear control, robustness

## Aktif Bozucu Bastırma Tekniğinin Teorik Açidan İncelenmesi

### Öz

Bu makale, yeni bir bozucu bastırma tekniği olan aktif bozucu bastırma kontrolünü (ADRC) tartışmaktadır. Teknik, çeşitli endüstri sektörlerinde ve çeşitli araştırma alanlarında son zamanlarda uygulanan kontrol şemalarından biridir. Metodoloji, teorik bir bakış açısıyla detaylandırılmıştır. Ayrıca, kontrol teknikleri bazı kriterlere göre sınıflandırılmıştır. Bu makale, ADRC'nin kontrol tekniklerini kontrolör perspektifinden ifade etmeyi amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif bozucu bastırma kontrolü, bozucu bastırma, total bozucu, gürbüzlük

\* Corresponding Author: Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8457-1438, [deker@atu.edu.tr](mailto:deker@atu.edu.tr)

# 1. Introduction

For control engineers, disturbances and uncertainties are major problems that may be dealt with in order to increase the performance controller performance. The control applications may suffer from several adversities such as nonlinearities, model mismatches, and load disturbances. In this case, the control scheme should be able to deal with some unexpected situations, so that the classical control schemes can lead to poor control performance for these types of applications. Hence, a controller that exhibits the lowest sensitivity to changes in the system dynamics, as well as internal/external disturbances will be suitable for industrial applications.

Although several advanced control techniques have been proposed, PID control is still constantly employed in industrial applications. The PID control parameters determine the performance of the the system which is controlled; thus, it is easy to adjust the parameters of the system even though control engineers do not have a ton of knowledge about the controlled system (T. He, Wu, Li, & Wang, 2020). As well as the advantages of PID exist, it has some disadvantages. First, it has some limitations, so it is not always possible to observe the desired performance for complex systems. The reason for this fact that the PID method is an error feedback-based strategy means that PID only functions when the output of the systems and setpoint of the system are not the same. The derivative part of PID only provides a one-step prediction of error, so the uncertainties and disturbances may not be compensated fast enough for complex structured systems. The fundamental issues of PID can be pointed as (Han, 2009):

- A step function is frequently used to form the setpoint and step function is not good enough to observe the response of dynamic system.
- Derivative part of PID is not often implemented to the systems because of noise sensitivity (Derivative Kick)
- The integral term can cause other problems such that saturation and reduced stability margin. (Integral wind-up)
- It is not best control law for the update of the error signal and rate of change of it.

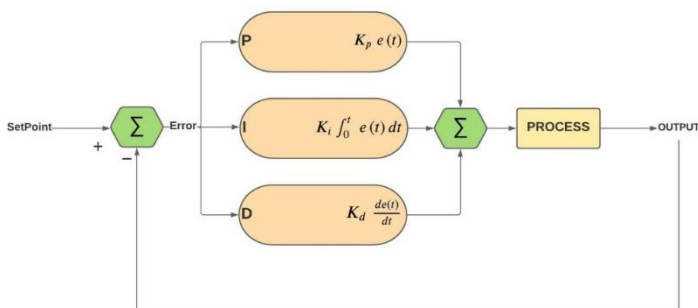


Fig. 1. PID control topology

To emphasize the recent progress on PID control, a number of studies have been discussed as follows: PID control may show insufficient results to provide the desired control response for systems comprising complex characteristics, unmodelled dynamics. Indeed, the implementation of the PID controller around operating points is a major cause of performance

degradation. Bearing these observations in mind, a number of improved techniques have been proposed for the PID control. The most of the proposed techniques focus on improving the suppression performance, improving the reference tracking performance, correcting the transient, and reducing the steady-state error. Various combination of PID control with recently proposed elegant control techniques has been addressed. To mention a few, fractional-order PID (Frikh, Soltani, Bensiali, Boutasseta, & Fergani, 2021; Kapoulea, Psychalinos, Elwakil, & HosseinNia, 2021), event-driven PID (Åarzén, 1999; Mishra et al., 2021; Yu, Guan, Chen, & Yamamoto, 2020), and model-free PID (Fliess & Join, 2013; Ozbek, 2019) control are some of the efficient control strategies. However, much more efforts have to be spent for harvesting all the advantages provided by modification of PID control algorithms.

Apart from these improvements, various control schemes that can be alternative to PID control have been brought to the literature over the last few decades. Disturbance suppression techniques are very attractive to improve the robustness capability of linear and nonlinear control systems.

For instance, disturbance observer based robust control strategy has a number of prominent features. To mention a few, the main goal of the DOB is compensating the uncertainty of the controlled system acting like as an inner-controller. Hence, this controller acts in the inner-loop to control the nominal system without uncertainty and disturbance. Then, an outer-loop controller is designed to deal with nominal stability and control performance. The control block diagram of the DOB based control strategy is shown in Figure 2 (Shim, Park, Joo, Back, & Jo, 2016). Some recent contributions on DOB techniques can be summarized as follows. A detailed survey is presented by Chen et al. (Chen, Yang, Guo, & Li, 2016), wherein Bayrak and Efe compare the frequency domain approaches of linear disturbance observer techniques (Bayrak & Efe, 2021). Furthermore, a nonlinear disturbance observer control scheme is proposed in (Efe & Kasnakoğlu, 2021), where the controlled plant has a discrete-time model.

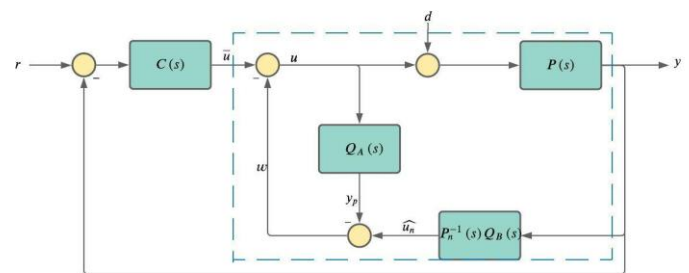


Fig. 2. Disturbance observer based control scheme

Yet another disturbance suppression mechanism is the equivalent input disturbance (EID) approach, which aims to cope with unknown uncertainties as well as disturbances. The technique is implemented by considering the difference between the actual system output and nominal plant output. A state observer acts an important role for the nominal model. The EID does not use the inverse system dynamics. In this sense, it can directly be applied to both minimum and non-minimum phase systems. It is to be noted that this design avoids the adverse influences caused by mismatched disturbances on the state estimation due to the compensation capability from the control input channel (Liu, Liu, Wu, & Nie, 2014). The method of EID

can also be combined with the other control mechanism such as sliding mode control method in order to increase rejection performance of disturbances. In (Jiang et al., 2019), it is clarified that SMC and EID approach are used to make disturbance rejection ability better and the simulation results performed on DC-DC buck converter supports the effectiveness of the combined method.

The method which is named as ADRC is an extraordinary and efficient technique was proposed by Han (Han, 2009). It reveals PID that is primitive but widely used method in industry is not satisfactory for new demands of industry. ADRC is now quite popular topic and has been worked by researchers almost two decades. This is because its uniqueness in concepts, ability to deal with broad range of uncertainties, good transient response.

The main idea of ADRC is to consider the internal uncertainties and external disturbances as a “generalized disturbance” and try to estimate by an extended-state-observer (ESO), and then use the estimated states in the feedback to control the disturbance. The wide range of usage of this method are robotics, motion control of various type of motors and generators, wind power generation, rocket control system, process control applications etc.

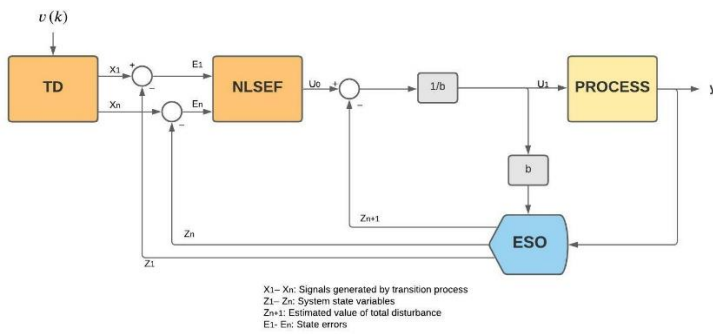


Fig. 3. ADRC general control topology

- a) Tracking Differentiator: The first part of the relative algorithm is tracking differentiator that aims to to remove the effect of derivative of reference signal. It is the fact that in PID controller, derivative component is rarely used in control loop because of the sensitivity to high frequency noise and TD is used to eliminate this effect (Feng & Guo, 2017).
- b) Extended State Observer: A crucial part for the disturbance rejection algorithms is to design observer. In this context, Han J. proposes an extended state observer (ESO), which is used for estimation of disturbance in ADRC scheme. (Han, 2009). It is to be noted that the unknown dynamics of and the external disturbances are incorporated in a single term in an ESO. An in depth discussion on the ESO design is presented in (Guo & Zhao, 2011). Furthermore, the stability issue for linear ESO is analysed in (Yoo, Yau, & Gao, 2006).
- c) Controller: This part is used to generate the control signal which is based on the difference between the estimated states and the output of TD. In various studies, it is demonstrated that the type of controller can be changed and it could be linear or nonlinear due to the system desired to be controlled (Dong et al., 2020)(Wang et al., 2020)(Sun et al., 2017).

With this motivation in mind, this study elaborates the theoretical background of active disturbance rejection control algorithm for the systems comprising disturbances and uncertainties. The control scheme is addressed with an in depth discussion. Furthermore, the present paper aims to introduce the main idea of ADRC and the recent related studies based on controllers. In Section II, theoretical background on the ADRC scheme and its components are demonstrated with a case study. In Section III, the applications of ADRC are classified according to the control algorithms. Finally, some concluding remarks are given at the end of the paper.

## 2. Evaluation of Active Disturbance Rejection Control Scheme

First, with the aim of inform clearly, it is better to use the following system (Du, Cao, She, & Fang, 2020),

$$\dot{y} = bu + f \tag{1}$$

where  $y$  is the output,  $u$  is the input of the plant,  $b$  is the input parameter, and  $f$  is a total disturbance, which involves the external disturbances. In order to make state space possible, the states are considered as  $x_1 = y, x_2 = \dot{y}, x_3 = f$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + B_f h \\ y &= Cx \end{aligned} \tag{2}$$

could be evaluated where,

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ b \\ 0 \end{bmatrix}, B_f = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, C = [1 \ 0 \ 0] \tag{3}$$

It should be pointed out that  $\dot{f} = h$  is assumed due to the simplification. After this an ESO (Extended State Observer) should be designed in order to make the estimations of the states. (Du, Cao, She, & Fang, 2020),

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu + LC(y - \hat{y}) \\ \hat{y} &= C\hat{x} \end{aligned} \tag{4}$$

where  $L$  is the observer gain and  $L = [\beta_1 \ \beta_2 \ \beta_3]$  Because of observability of the system (2) is satisfied, the selection of  $L$  should be convenient such that estimated states converge to the actual states.  $L$  can be selected as following,

$$L = [3w_0 \quad 3w_0^2 \quad w_0^3]^T \tag{5}$$

where  $w_0$  is the bandwidth of the observer. Assume the derivative of  $f$  is bounded and large enough  $w_0$  implies that,

$$\hat{x}_3 \approx f \tag{6}$$

The ESO (Extended State Observer) can also named as linear extended state observer (LESO) which  $L$  is considered as linear gain of the observer. Using (5) the input signal  $u$  can be organized as,

$$u = u_f - \frac{\hat{x}_3}{b} \tag{7}$$

By using (5), and then substituting (6) into (1) results

$$\ddot{y} \approx u_f \tag{8}$$

The function of ADRC is supposed to, by estimating and compensating the unmodelled dynamics and uncertainties of system, help the control engineers to examine a complex system as a simple dynamic model. The advantage of ADRC is that when only the order of the plant and the approximate value of the input parameter are sufficient, feedback control can be designed for the simple dynamic model.

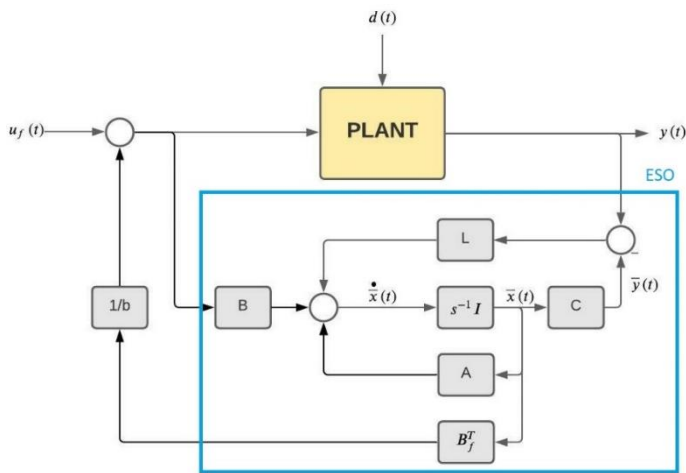


Fig. 4. Detailed diagram of Extended State Observer of an ADRC-based system.

However, the implementation of model may have its own limitations. The bandwidth of ESO is chosen well enough in order to overcome the issue of compensating the unmodelled dynamics even though practical issues may limit it.

### 2.1. Case Study for ADRC

A first order plant is used with a DC gain,  $K$ , and time constant,  $T$  as follows, (Herbst, 2013)

$$\dot{y} = bu + f \tag{9}$$

Then we can get

where  $b$  is the input parameter,  $u$  is the input of the plant,  $y$  is the output of the plant and  $f$  is the generalized disturbance. From the plant model it is deduced that  $b = K/T$ . Then the

system must be represented in state space where the states and system equation can be written as,

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + B_f h \\ y &= Cx \\ x_2 &= f \\ x_1 &= y \end{aligned} \tag{11}$$

$\dot{f} = h$  is used for simplification and the matrices of the system are,

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix}, B_f = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, C = [1 \quad 0] \tag{12}$$

For the simulation, Luenberger observer is used to estimate the states. The observer parameters are:

$$A - LC = \begin{bmatrix} -l_1 & 1 \\ -l_2 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix}, L = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} \tag{13}$$

According to observer function, the estimated states can be written as,  $\hat{x}_1 = \hat{y}$  and  $\hat{x}_2 = \hat{f}$ . In order to give the detail,

$$u(t) = \frac{u_0(t) - \hat{f}(t)}{b}, \quad u_0(t) = K_p \cdot (r(t) - \hat{y}(t)) \tag{14}$$

where  $u_0(t)$  is the output of a linear proportional controller and according to the Figure 5 it is deduced that  $K_p$  acts on  $\hat{y}$ . The  $u(t)$  is chosen such that the linear controller has an effect on an integrator process if equality of  $\hat{f} \approx f$  is satisfied. Then it can be shown that:

$$\dot{y} = (f(t) - \hat{f}(t)) + u_0(t) \approx u_0(t) \tag{15}$$

If the equality of  $\hat{y} \approx y$  holds, it is obtainable that  $s^{CL} = -K_p$ . If observer and disturbance rejection work properly,  $K_p$  can be calculated from desired first order system just single time, in any case of parameters of process in respect to settling time:

$$K_p \approx \frac{4}{T_{settle}} \tag{16}$$

Observer gains are still needed to specified and its dynamics must be fast enough. So, the observer pole can be selected as:

$$s^{ESO} \square 10 \cdot s^{CL}, \quad s^{CL} = -K_p \tag{17}$$

By using  $(A - LC)$  matrix which determines the error dynamics of observer, by calculating determinant and equalize the characteristic polynomial the gains can be calculated as:

$$l_1 = -2 \cdot s^{ESO}, \quad l_2 = (s^{ESO})^2 \tag{18}$$



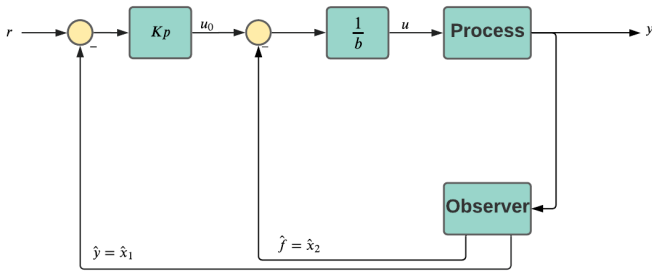


Fig. 5. Control Loop Structure with ADRC for a first order process.

The simulation study is carried out by Matlab/Simulink and steps above are followed to implement the simulation study. The parameters for first order system in equation (9) selected as  $K = 1, T = 1, T_{settle} = 1 \text{ second}$  and then by using these parameters proportional gain, poles of observers, closed loop pole and gains of observer can be calculated. Remember that  $b = K/T$  left unchanged in order to indicate the closed loop step response for different  $K$  values, controller output and error for process output. A step function is used for reference signal and controller of system was designed only one time in order to demonstrate the sensitivity of process parameter variations.

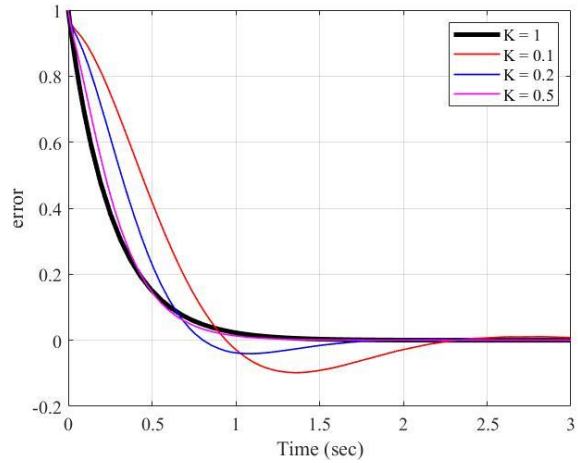


Fig. 6. The simulation results for varying  $K$  values

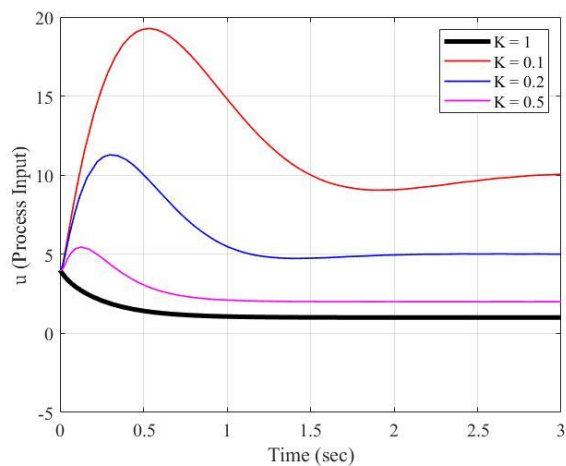
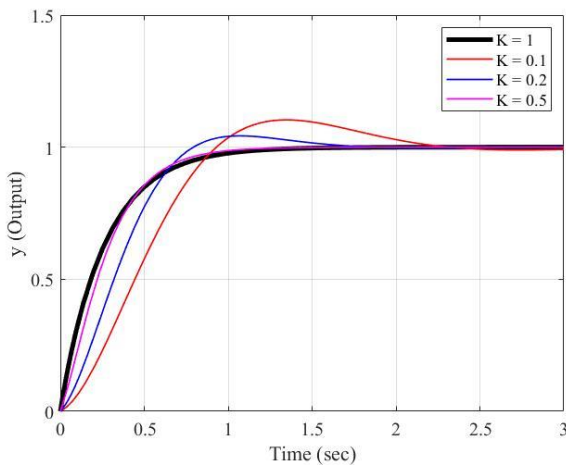
It can be deduced that while values of  $K$  get near of 1, the less overshoot can be observed and the value of input signal gets much smaller.

### 3. Control Techniques of ADRC Schemes

#### 3.1. Linear Control Based ADRC Schemes

There have been many applications of linear control based ADRC up to now. Different approaches and different perspectives have been applied to the various systems. The case of Furuta Pendulum system was one of systems that is studied on in (Ramírez-Neria, Sira-Ramírez, Garrido-Moctezuma, & Luviano-Juárez, 2014). The combination of flatness and linear active disturbance rejection control is used to solve trajectory tracking problem of the Furuta pendulum which is no feedback linearizable system. The tangent linearization is used to linearize the system. In some practical applications there can be challenging and real time issues can be occurred in DC Motor application like sensor bandwidth effects, observer bandwidth effects etc. The assumptions of application can cause instability (Ahi & Haeri, 2018). For an active power filter, LADRC can be also applicable with a dual loop PI controller and LADRC controller. Comparing with ADRC, less nonlinear functions is used in this work (Wang et al., 2019). The second order LADRC and its tuning is presented based on step response curves of a controlled plant by Cui in 2020 (Cui, Tan, Li, & Wang, 2020). Furthermore, the effectiveness of the theory is supported with a practical temperature control experiment. LADRC is also applicable on bus voltage filtering of synchronous generators (Xuesong Zhou, Liu, Ma, & Wen, 2020).

DC bus voltage signal is necessary to used in feedback but it contains some disturbances. To make the existing ADRC in system better the influence of bus voltage filtering is also considered and turned to a state variable to use in ESO. Another tuning method of second order LADRC with relay feedback method makes the tuning part simpler. Because one of the reasons of LADRC is the fact that tuning part is more complex than regular PID. Also, without knowing the information of controlled plant, this method is also feasible (Cui, Tan, Li, Wang, & Wang, 2020). Yet another recent work addresses the combination of PD and Luenberger obser to construct an ADRC scheme for a linear ultrasonic motor (Garrido & Luna, 2021). Another interesting work presented by Wang demonstrates the design and tuning of linear active disturbance rejection



controller (LADRC) for the oscillatory systems with large time delays (Wang, Tan, Cui, Han, & Guo, 2021), wherein second-order and third-order oscillatory systems are employed. A further research elaborates three phase voltage source PWM rectifier problem, wherein dual PI loop control method lacks voltage loop and current loop disturbance rejection. With this motivation in mind, a LADRC is proposed to enhance the tracking capability and disturbance rejection performance. Moreover, the total harmonic distortion in rectifier is less than from PI control (H. He, Si, Sun, Liu, & Li, 2020).

### 3.2. Non-Linear Control Based ADRC Schemes

Sliding mode control (SMC), known as a well-known robust control technique, has been successfully applied in many engineering fields for its robustness against external disturbances. SMC has been the subject of various researches in the last decades because it is insensitive to uncertainties and suppresses external disturbances. For instance, sliding mode control for an UAV is presented in (OZBEK et al.) to improve the attitude performance of the quadrotor. Sliding mode control provides desired dynamic behavior when appropriate conditions such as sliding and reaching conditions are met. Model uncertainties and disturbances cannot degrade the stability of the system when the system on sliding surface. Thus, SMC based ADRC schemes have been widely used in aerospace (Chen, Li, & Song, 2017), power electronics (Liu et al., 2017) and other fields. With this motivation in mind, a robust ADRC method with SM component to improve the controller performance of an induction motor is proposed.

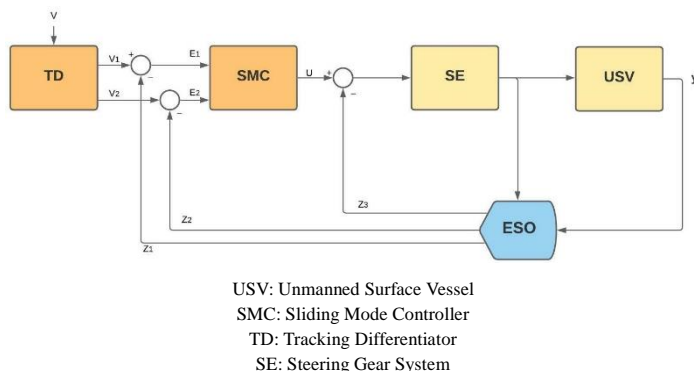


Fig. 7. Sliding mode control based ADRC scheme

The comparison between the proposed ADRC method and classic ADRC method have been made to clarify the overcoming of two serious limits of ADRC which are the uncertainty in the knowledge of control gains and deterioration of performance of ADRC because of non-null estimation of error of total disturbance (Alonge, Cirrincione, D'Ippolito, Pucci, & Sferlazza, 2017). Unmanned surface vessels are another field which have maneuvering problems while sailing and ADRC method is used to overcome these issues. In (Dong, Huang, & Zhuang, 2020) heading angle controller is designed with an improved sliding mode active disturbance rejection control method by using Levant TD as sliding mode tracking differentiator and improved ADRC is applied for the real time estimation. By doing this the chattering problem of SMC is eliminated. For a permanent magnet synchronous machine ADRC is used to estimate the speed of machine and act as an input for a novel sliding mode observer (Chen Wei, Chen Yankun, Li Hongfeng, & Song Zhanfeng, 2012). The effect of

*e-ISSN: 2148-2683*

load in speed in loop is regarded as external disturbance and it is well compensated. For underactuated ships, course and path following simulation is observed by ADRC with SMC. The simulations of kinematic model of a training ship to verify the robustness and stability (Li, Li, Li, & Shen, 2016). For a marine current energy turbine is also a field which the SMC based ADRC method can be applied such as in (Xiangyang Zhou, Wang, & Diallo, 2020).

### 3.3. Intelligent and Fractional-Order Control Based ADRC Schemes

Yet another motivation on the design of ADRC scheme is to integrate intelligent based control systems. Intelligent methods provide an important advantage especially for the control of systems with complex dynamics. The intelligent control techniques improve the robustness performance of the system without exact model information.

Fractional-order control is one of the most exciting topics in the control engineering framework; however, the ADRC based schemes based on fractional-order controllers' remains to be challenging. Thus, several papers attempt to give a satisfactory answer to the possible usage of fractional operators in the controller part of an ADRC structure.

## 4. Conclusions and Recommendations

Although many disturbance suppression techniques have been developed in the literature, this study specifically focuses on active disturbance rejection control scheme. A comparison of several types of advanced controllers enables us to identify special characteristics and to determine the strengths and weaknesses of each control scheme. Several issues are still under research. For example, the system robustness of the proposed control strategy will be elaborated on the additive and multiplicative uncertainty aspect. Notwithstanding the numerous researches, ADRC remains an issue of paramount relevance in control theory. Furthermore, it is still necessary a great effort to enhance the control performance with active disturbance rejection control schemes subject to uncertainties, perturbations, and time-delay. Future works will concern the application of the present control strategies to a number of different industrial control systems comprising delays and uncertainties.

## 5. Acknowledge

The authors would like to thank the anonymous reviewers for careful reading of the manuscript and for their valuable comments.

## References

- Åarzen, K.-E. (1999). A simple event-based PID controller. *IFAC Proceedings Volumes*, 32(2), 8687–8692. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)57482-0](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)57482-0)
- Ahi, B., & Haeri, M. (2018). Linear Active Disturbance Rejection Control from the Practical Aspects. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 23(6), 2909–2919. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2018.2871880>
- Alonge, F., Cirrincione, M., D'Ippolito, F., Pucci, M., & Sferlazza, A. (2017). Robust Active Disturbance Rejection

- Control of Induction Motor Systems Based on Additional Sliding-Mode Component. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*,64(7),5608–5621.  
<https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2677298>
- Bayrak, A., & Efe, M. Ö. (2021). A frequency domain comparison of disturbance observer based control schemes. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 0959651821110365.  
<https://doi.org/10.1177/09596518211103657>
- Chen, W.-H., Yang, J., Guo, L., & Li, S. (2016). Disturbance-Observer-Based Control and Related Methods—An Overview. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(2),1083–1095. <https://doi.org/10.1109/TIE.2015.2478397>
- Chen Wei, Chen Yankun, Li Hongfeng, & Song Zhanfeng. (2012). Sensorless control of permanent magnet synchronous motor based on sliding mode observer. *Proceedings of The 7th International Power Electronics and Motion Control Conference*, 2582–2586.  
<https://doi.org/10.1109/IPEMC.2012.6259266>
- Cui, W., Tan, W., Li, D., & Wang, Y. (2020). Tuning of linear active disturbance rejection controllers based on step response curves. *IEEE Access*, 8, 180869–180882.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3028459>
- Cui, W., Tan, W., Li, D., Wang, Y., & Wang, S. (2020). A Relay Feedback Method for the Tuning of Linear Active Disturbance Rejection Controllers. *IEEE Access*, 8, 4542–4550. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2963419>
- Dong, H., Huang, H., & Zhuang, Y. (2020). Heading Angle Controller Design of USV Based on Improved Sliding Mode Active Disturbance Rejection Control. *Proceedings - 2020 Chinese Automation Congress, CAC 2020*, (2), 3547–3551.  
<https://doi.org/10.1109/CAC51589.2020.9326809>
- Du, Y., Cao, W., She, J., & Fang, M. (2020). A Comparison Study of Three Active Disturbance Rejection Methods. *Chinese Control Conference, CCC, 2020-July*, 135–139.  
<https://doi.org/10.23919/CCC50068.2020.9189230>
- Efe, M. Ö., & Kasnakoğlu, C. (2021). A nonlinear disturbance observer scheme for discrete time control systems. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 29(2), 1044–1060. <https://doi.org/10.3906/ELK-2005-206>
- Fliess, M., & Join, C. (2013). Model-free control. *International Journal of Control* ,86(12), 2228–2252.  
<https://doi.org/10.1080/00207179.2013.810345>
- Frikh, M. L., Soltani, F., Bensiali, N., Boutasseta, N., & Fergani, N. (2021). Fractional order PID controller design for wind turbine systems using analytical and computational tuning approaches. *Computers and Electrical Engineering*, 95(June 2020),107410.  
<https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107410>
- Garrido, R., & Luna, L. (2021). Robust ultra-precision motion control of linear ultrasonic motors: A combined ADRC-Luenberger observer approach. *Control Engineering Practice*,111(March),104812.  
<https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2021.104812>
- Guo, B.-Z., & Zhao, Z.-L. (2011). Extended State Observer for Nonlinear Systems with Uncertainty. *IFAC Proceedings Volumes*,44(1),1855–1860.  
<https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.00399>
- Han, J. (2009). From PID to active disturbance rejection control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(3), 900–906. <https://doi.org/10.1109/TIE.2008.2011621>
- He, H., Si, T., Sun, L., Liu, B., & Li, Z. (2020). Linear Active Disturbance Rejection Control for Three-Phase Voltage-Source PWM Rectifier. *IEEE Access*, 8, 45050–45060.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2978579>
- He, T., Wu, Z., Li, D., & Wang, J. (2020). A tuning method of active disturbance rejection control for a class of high-order processes. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(4),3191–3201. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2908592>
- Kapoulea, S., Psychalinos, C., Elwakil, A. S., & HosseinNia, S. H. (2021). Realizations of fractional-order PID loop-shaping controller for mechatronic applications. *Integration*, 80(March),5–12. <https://doi.org/10.1016/j.vlsi.2021.04.009>
- Li, R., Li, T., Li, X., & Shen, H. (2016). Path following for underactuated ships control and simulation based on active disturbance rejection with sliding mode control. *ICIC Express Letters*, 10(6), 1415–1420.
- Liu, R.-J., Liu, G.-P., Wu, M., & Nie, Z.-Y. (2014). Disturbance rejection for time-delay systems based on the equivalent-input-disturbance approach. *Journal of the Franklin Institute*, 351(6),3364–3377.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2014.02.015>
- Mishra, S. K., Jha, A. V., Verma, V. K., Appasani, B., Abdelaziz, A. Y., & Bizon, N. (2021). An optimized triggering algorithm for event-triggered control of networked control systems. *Mathematics*,9(11),1–22.  
<https://doi.org/10.3390/math9111262>
- Ozbek, N. S. (2019). An Evaluation of Model-Free Control Strategies for Quadrotor Type Unmanned Aerial Vehicles. *Proceedings - 2019 3rd International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics, ICAAID 2019*, (September),25–27.  
<https://doi.org/10.1109/ICAAID.2019.8935001>
- Ramírez-Neria, M., Sira-Ramírez, H., Garrido-Moctezuma, R., & Luviano-Juárez, A. (2014). Linear active disturbance rejection control of underactuated systems: The case of the Furuta pendulum. *ISA Transactions*, 53(4), 920–928.  
<https://doi.org/10.1016/j.isatra.2013.09.023>
- Shim, H., Park, G., Joo, Y., Back, J., & Jo, N. H. (2016). Yet another tutorial of disturbance observer: robust stabilization and recovery of nominal performance. *Control Theory and Technology*, 14(3),237–249. <https://doi.org/10.1007/s11768-016-6006-9>
- Wang, Y., Tan, W., Cui, W., Han, W., & Guo, Q. (2021). Linear active disturbance rejection control for oscillatory systems with large time-delays. *Journal of the Franklin Institute*, 358(12),6240–6260.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2021.06.016>
- Yoo, D., Yau, S. S.-T., & Gao, Z. (2006). On convergence of the linear extended state observer. *2006 IEEE Conference on Computer Aided Control System Design, 2006 IEEE International Conference on Control Applications, 2006 IEEE International Symposium on Intelligent Control*, 1645–1650.<https://doi.org/10.1109/CACSD-CCA-ISIC.2006.4776888>
- Yu, H., Guan, Z., Chen, T., & Yamamoto, T. (2020). Design of data-driven PID controllers with adaptive updating rules. *Automatica*,121,109185.  
<https://doi.org/10.1016/j.automatica.2020.109185>
- Zhou, Xiangyang, Wang, T., & Diallo, D. (2020). An active disturbance rejection sensorless control strategy based on sliding mode observer for marine current turbine. *ISA Transactions*,(xxxx).  
<https://doi.org/10.1016/j.isatra.2020.05.027>
- Zhou, Xuesong, Liu, M., Ma, Y., & Wen, S. (2020). Improved

- linear active disturbance rejection controller control considering bus voltage filtering in permanent magnet synchronous generator. *IEEE Access*, 8, 19982–19996. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2967395>
- Dong, H., Huang, H., & Zhuang, Y. (2020). Heading Angle Controller Design of USV Based on Improved Sliding Mode Active Disturbance Rejection Control. *Proceedings - 2020 Chinese Automation Congress, CAC 2020*, 2, 3547–3551. <https://doi.org/10.1109/CAC51589.2020.9326809>
- Feng, H., & Guo, B. Z. (2017). Active disturbance rejection control: Old and new results. *Annual Reviews in Control*, 44, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2017.05.003>
- Jiang, Z., Zhou, L., Zhang, Z., Jiang, F., & Cheng, L. (2019). An equivalent-input-disturbance-based sliding mode control approach for dc-dc buck converter system with mismatched disturbances. *Chinese Control Conference, CCC, 2019-July*, 639–644. <https://doi.org/10.23919/ChiCC.2019.8865812>
- Sun, G., Li, Y., Jin, W., & Bu, L. (2017). A Nonlinear Three-Phase Phase-Locked Loop Based on Linear Active Disturbance Rejection Controller. *IEEE Access*, 5, 21548–21556. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2759166>
- Wang, Y. W., Zhang, W. A., & Yu, L. (2020). A Linear Active Disturbance Rejection Control Approach to Position Synchronization Control for Networked Interconnected Motion System. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 7(4), 1746–1756. <https://doi.org/10.1109/TCNS.2020.2999305>
- Du, Y., Cao, W., She, J., & Fang, M. (2020). A Comparison Study of Three Active Disturbance Rejection Methods. *Chinese Control Conference, CCC, 2020-July*, 135–139. <https://doi.org/10.23919/CCC50068.2020.9189230>
- Wang, R., Hu, B., Sun, S., Man, F., Yu, Z., & Chen, Q. (2019). Linear Active Disturbance Rejection Control for DC Side Voltage of Single-Phase Active Power Filters. *IEEE Access*, 7, 73095–73105. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920626>
- Herbst, G. (2013). A Simulative Study on Active Disturbance Rejection Control (ADRC) as a Control Tool for Practitioners. *Electronics*, 2(4), 246–279. <https://doi.org/10.3390/electronics2030246>





# Derin Öğrenme Kullanarak Tiroid Kanseri Teşhisi

Zeynep İlkılıç Aytaç<sup>1</sup>, İsmail İşeri<sup>2\*</sup>, Beşir Dandıl<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yeşilyurt Meslekyüksekokulu, Elektrik ve Otomasyon Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1828-1181)

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0442-1406)

<sup>3</sup> Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antakya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3625-5027)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1011166)

**ATIF/REFERENCE:** İlkılıç Aytaç, Z., İşeri, İ. & Dandıl, B. (2021). Derin Öğrenme Kullanarak Tiroid Kanseri Teşhisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 292-298.

## Öz

Geçmişten günümüze yapay zekanın kullanım alanları giderek artmaktadır ve en çok kullanılan alanlardan biri de sağlık sektörüdür. Özellikle tıbbi görüntülerin işlenmesinde oldukça başarılı sonuçlar vermesi ile bir yapay zekâ algoritması olan derin öğrenme, bu görüntülerin işlenmesi ve yorumlanması konusunda sıkça tercih edilmektedir. Son yıllarda dünya çapında artan kanser oranlarıyla birlikte gelişen görüntüleme teknikleri bu hastalıkların teşhisi ve tanısı konusunda uzmanlara oldukça faydalı hale gelmiştir. Bu çalışmanın temel amacı sitopatologlar tarafından manuel olarak yapılan teşhis etme biçiminden esinlenerek derin öğrenmeye dayalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu algoritma bir derin öğrenme mimarisi olan evrişimsel sinir ağı kullanılmıştır. Evrişimsel sinir ağı, tanısız olarak ilgili görüntü bölgelerini tanımlayarak önceden belirlenen malignite skolarlarını atar ve bu sayede malignite tahmini yapılır. Deneysel sonuçlar önerilen çalışmanın uzmanlarla karşılaştırılabilir bir performans elde ederek sitopatologlara ikinci bir görüş sağlayabildiğini ve iş yükünü azalttığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Derin Öğrenme, Evrişimsel Sinir Ağı, Yapay Zeka, Tiroid Kanseri.

## Diagnosing Thyroid Cancer Using Deep Learning

### Abstract

From past to present, the usage areas of artificial intelligence are increasing and one of the most used areas is the health sector. Deep learning, which is an artificial intelligence algorithm with its very successful results in the processing of medical images, is frequently preferred for the processing and interpretation of these images. Imaging techniques, which have developed with the increasing cancer rates worldwide in recent years, have become very useful to experts in the diagnosis and diagnosis of these diseases. The main purpose of this study is to carry out a deep learning-based study inspired by the manual diagnosis method by cytopathologists. This algorithm is used in convolutional neural network, which is a deep learning architecture. Convolutional neural network defines diagnostically relevant image regions and assigns predetermined malignancy scores, and thus malignancy prediction is made. Experimental results show that the proposed study can achieve a performance comparable to that of experts, providing cytopathologists with a second opinion and reducing their workload.

**Keywords:** Deep Learning, Convolutional Neural Network, Artificial Intelligence, Thyroid Cancer.

## 1. Giriş

Yapay zekâ insan müdahalesi olmadan bilgisayarla çeşitli görevleri yapmak üzere tasarlanmış genel bir terimdir [1]. Genel amacı, insanların içinde bulunduğumuz modern çağa uyum sağlayabilmesi için insan düşünme biçimini taklit ederek iş verimliliğini arttırmayı esas almaktır. Geçmişten günümüze kadar hayatımızın birçok alanını da araştırılmış ve uygulanmaya başlamıştır [2]. Günümüzde yapay zekâ, tıbbi tarama ve görüntülerde teşhis koyarak bununla birlikte sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltmak amacıyla birçok avantaj sağlamaktadır.

Patolojik alanda yapay zekanın kullanılması ile teşhis doğruluğu artarken, patologların iş yükü azaltılarak daha verimli ve üst düzey sonuçlar elde etmeleri sağlanmıştır [3]. Algoritma yapılarının teknoloji ile gelişmesiyle birlikte yapay zekanın (AI), en çok da derin öğrenme tabanlı (DL) yapay zekanın kullanımında artış başlamıştır. Özellikle tümör tespitinde çeşitli problemlerin çözümü için derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar kullanılmıştır. Derin öğrenme yapıları iç içe nöron katmanlarından oluşmakta ve birden fazla özellik seviyesinin öğrenilmesine dayanmaktadır. Üst seviyelerdeki özellikler alt seviyelerdeki özelliklerden elde edilerek birden çok verinin öğrenmesine dayanan bu yöntem derin öğrenmenin temelini oluşturur. Derin öğrenme manuel olarak özellik çıkarmak yerine denetimli/denetimsiz özellik öğrenmesi veya hiyerarşik özellik çıkarımı için etkin algoritmalar kullanır. Son yıllarda bir derin öğrenme mimarisi olan evrişimli sinir ağlarını tıbbi görüntüleri analiz etmek ve bu görüntülerden hastalık teşhis etmek için kullanmak popüler bir uygulama haline gelmiştir. Birçok hastalık çeşidinin ultrason görüntüleri derin öğrenme ile analiz edilebilmektedir. Tiroid malignitesi de bu hastalık türlerinden biridir. Tiroid hastalarının ultrason görüntülerini benign ve malign olarak ayırt etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve derin öğrenme yöntemleri de bu yöntemlerden biridir. Tiroid kanseri, tiroid bezinden kaynaklanan bir malignitedir ve genel olarak tiroid nodülü olan hastalarda bulunur. Malignite değerlendirilmesi boyun ultrasonografisi görüntülerinden yapılır ve nodüller palpasyonla veya ultrason görüntüleme ile tespit edilebilir.

Gupta N.vd., tiroidin papiller ve foliküler neoplazilerinde yapay zeka ile görüntü analizi yaparak ayırt edici tanısal etkinliğini değerlendirmek üzere çalışmışlardır. Toplam 60 vaka incelemiş ve bu vakalardan 44 vakayı eğitim seti için, 16 vakayı test seti için kullanmışlardır. İyi huylu ve kötü huylu tiroid lezyonlarını ayırt etmede oldukça başarılı olduğu sonucuna varmışlardır [4]. Daskalakis A. vd., benign ve malign tiroid nodüllerini rutin olarak alınan (FNA, H & E lekeli) sitolojik görüntülerden teşhis edebilmek için çalışmışlardır. Çok sınıflandırıcı bir sistem oluşturmaya çalışmışlar ve önerilen yöntemin sitopatologların kesin tanı koymada karar verebilmesine destek olmasını amaçlamışlardır [5]. Selvathi D. vd., iyi huylu ve kötü huylu tiroid lezyonlarını birbirinden ayırt etmek için çalışmışlardır. Bunun için iki tane modül önermişlerdir. Tiroid görüntülerini SVM (destek vektör makinesi) ve ELM (aşırı öğrenme makinesi) kullanarak sınıflandırıp normal tiroid görüntüsünden tiroid nodüllerinin segmentasyonunu sağlamışlardır. Yapılan çalışma neticesinde ELM'nin SVM'den daha iyi segmentasyon doğruluğuna sahip olduğu sonucuna varılmıştır [6]. Ding J. vd., tiroid nodüllerini iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırabilmek için bir MIL

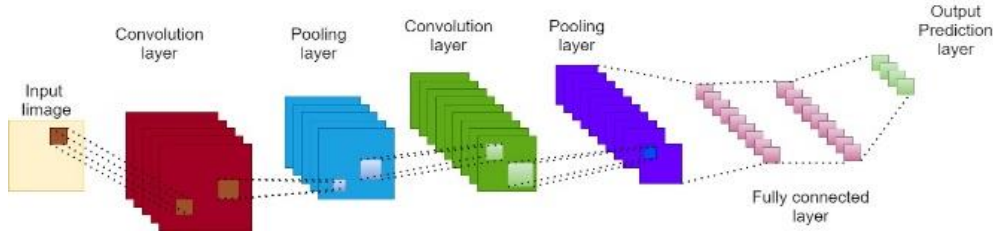
(çoklu örnek öğrenme) yöntemi kullanmıştır. Çalışmada tiroid B-modu ultrason görüntüleri kullanılmıştır. Ultrason görüntülerindeki lezyonu sınıflandırmak için SVM kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen yaklaşımın iyi bir performansa ulaştığını göstermiştir [7]. Ma J.vd., tiroid görüntülerindeki heterojen görünüm ve arka planların görüntülerde nodül tespiti için zorluk çıkardığını ve tiroid nodüllerinin ultrason görüntülerinden daha doğru bir şekilde ayrıştırılması işlemi için CNN kullanmıştır. CNN benign ve malign tiroid görüntü parçalarını girdi olarak kullanmış ve çıktı olarak segmentasyon olasılık haritaları üretmiştir. Deneysel sonuçlar önerilen yöntemin nodül tespiti için oldukça iyi performans gösterdiğini ve CNN'nin nodülleri doğru ve etkili bir şekilde tanımlayabildiğini göstermiştir [8]. Li H. vd., tiroid ultrason görüntülerinden tiroid kanserinin tespiti için derin öğrenme yaklaşımını kullanmıştır. Ultrason görüntülerindeki bulanıklık, belirsizlik ve düzensiz şekiller için CNN yöntemini kullanmışlardır. Ancak CNN'nin doğrudan kullanılması yerine Faster R-CNN kullanarak daha uygun bir algılayıcı geliştirmişlerdir. Daha doğru bir algılama sonucu elde edebilmek için CNN'ye uzamsal kısıtlı bir katman ekleyerek kanser bölgelerinin bulunduğu alanı çevreleyen bölgenin özelliklerini çıkarabilmişlerdir. Deneyler bu yöntemin patologların iş yükünü azalttığını ve tiroid kanserinin insan müdahalesi olmadan tespit edilebileceğini göstermiştir [9].

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Evrişimli Sinir Ağları ve Yapısı

1970'li yıllardan beri CNN'ler üzerine birçok çalışma yapılmıştır [10,11]. Sirinukunwattana K. vd., histopatoloji görüntülerinden sınıflandırma yapmak ve kanserli dokuları bulabilmek için CNN kullanmıştır. Farklı histolojik derecelerdeki örneklerden alınan 20.000'den fazla çekirdek içeren büyük bir veri kümesi üzerinde değerlendirme yapılmıştır [12]. Kraus O.Z. vd., mikroskop görüntülerini sınıflandırmak ve segmentlere ayırmak için CNN'leri çoklu örnek öğrenimiyle (MIL) birleştiren bir yaklaşım geliştirmişlerdir. MIL'de kullanılan toplama işlevi ve CNN'de kullanılan havuzlama katmanları arasındaki benzerliği kullanmışlardır. CNN'leri MIL ile birleştirip mikroskop görüntüleri ile eğitim işlemini sağlamışlardır [13]. Tajbakhsh N. vd., CNN'lerin sıfırdan eğitim ihtiyacını ortadan kaldırılıp kaldırılmayacağı üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak kaynak ve hedef veri tabanları arasındaki büyük farklar bu tür bir uygulamanın mümkün olmayacağını göstermiştir. Yapılan deneyler, tıbbi görüntü uygulamaları için CNN'lerin potansiyelinin yüksek olduğunu ve iyi performans gösterdiğini doğrulamıştır. [14]. Roa A. C. vd., patoloji görüntülerinden hastalığın otomatik olarak saptanması için çalışmalar yapmıştır. Patologların manuel olarak teşhis koyma zorluğunun üstesinden gelmek amacıyla bu konuya odaklanmışlardır. Yapılan çalışmada, dijital görüntülerden tümör tespiti yapabilmek için CNN kullanmışlardır. Sınıflandırıcıyı yaklaşık 400 örnek ile eğitip, ardından The Cancer Genome Atlas'tan yaklaşık 200 vakayı bağımsız olarak doğrulamayı içermiştir. [15]. Hou L. vd., Tüm Slayt Doku Görüntüsü (WSI) sınıflandırmasında başarılı olan denetimli bir karar füzyon modeli ve CNN modeli üzerine çalışmışlardır. CNN'nin eğitimi için ayırt edici özellikleri otomatik olarak tanımlayan Beklenti Maksimizasyonu (EM) tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Algoritma, patologların teşhisine benzer teşhis koyabilmiş ve kanser alt tiplerini sınıflandırabilmiştir [16]. Esteva A. vd., cilt kanseri sınıflandırması için derin öğrenme yöntemlerini

kullanmışlardır. Cilt lezyonlarını sınıflandırabilmek için CNN kullanılmış ve piksel ve hastalık etiketleri giriş olarak kullanılmıştır. 129.450 klinik görüntü veri kümesi kullanılarak CNN eğitilmiştir. İki sınıflandırma yöntemini dermatologların performansına göre kıyaslamışlardır. İlk vaka da en yaygın kanserleri tanımlayıp, ikinci vaka da en ölümcül kanserlerin tanımlanmasını temsil etmiştir. CNN yöntemi her iki görevde de uzmanlarınkine eşdeğer bir performans göstermiş ve dermatologlarla karşılaştırılabilir bir yetkinlik göstermiştir [17]. Shi G. vd., 2020 yılında tiroid nodüllerinin sınıflandırılması için yöntemler geliştirmiştir. Yöntem, radyologların teşhisine benzer sonuçlar elde edebilmiştir. 1937 klinik tiroid ultrason görüntüsü kullanılmış ve sonuç olarak %91,46 doğruluk, %90,63 duyarlılık, % 92,65 özgüllük elde etmişlerdir. Deneysel sonuçlar önerilen yöntemin mevcut sınıflandırma yöntemlerinden daha iyi olduğunu göstermiştir [18].



Şekil 1: CNN yapısı

CNN yapıları genelleştirilirse evrişim katmanları, havuzlama katmanları ve tam bağlantılı bir ağ içeren bir yapıyı ifade eder [20]. öznelik çıkarımı için evrişim işlemleri kullanılır ve sınıflandırıcı olarak tam bağlantılı ağ kullanılır. Tam bağlantılı ağ sınıflandırma işlemini sonlandırmak için bir SoftMax çıkış katmanı kullanır. AlexNet, GoogleNet gibi birçok ağ yapısı bu katmanlardan oluşturulmuştur. Eğitim işlemine meydana gelen en büyük sorunlardan biri aşırı uydurmadır. Model aşırı uydurulduğunda eğitim hatası düşer test hatası yükselir buna aşırı uydurma denir. Bunu önlemek için veri arttırma, Dropout ve DropConnect gibi teknikler kullanılabilir [21,22,23,24]

### 2.1.1. Evrişim

Bu işlem giriş görüntüsüne karmaşık işlevlerin uygulanmasına izin veren bir dizi sabit boyulu filtreye sahip bir yapıdır. Yerel olarak eğitilmiş filtrelerin görüntünün üzerinde kaydırılmasıyla gerçekleşir. Her filtre aynı ağırlık ve bias değerine sahiptir. Bu sayede ağırlık paylaşım mekanizması oluşur ve aynı özelliğin tüm görüntü üzerinde temsil edilmesini sağlar [25,20]. Filtrelerin boyutuna göre bir alıcı alan belirlenir. Giriş görüntüsünün boyutu  $m \times n$  ve çekirdeğin boyutu  $c \times c$  olsun ve  $I$  görüntüyü,  $w$  ağırlığı ve  $b$  'de bias'ı temsil etsin. Çıkış aşağıdaki denklemdeki gibi hesaplanabilir:

$$O_{0,0} = f(b + \sum_{t=0}^c \sum_{r=0}^c w_{t,r} i_{0+t,0+r}) \quad (1)$$

$f$ , aktivasyon fonksiyonu olarak ifade edilir ve burada aktivasyon fonksiyonu olarak ReLu veya sigmoid kullanılabilir [20]. ReLu aktivasyon fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$f(x) = \begin{cases} x, & x > 0 \\ 0, & else \end{cases} \quad (2)$$

İlk olarak Lecun tarafından önerilen evrişimli sinir ağları örüntü tanıma alanında en başarılı yöntemlerden biri haline gelmiştir. Evrişimli sinir ağlarında giriş görüntüsünden görselin özelliklerini çıkarmak için yere olarak eğitilen filtreler kullanılmaktadır. Havuzlama işlemi sayesinde özellik haritalarının boyutları küçültülerek bir sonraki evrişime girdi görüntüsü olarak verilir. Bu işlemin amacı derin öznelikler çıkarmaktır. Sınıflandırıcılar bu özelliklerle ilgili karar verir [19]. Şekil 1'de gösterilen yapı bir CNN yapısı ve bu yapı girişleri küçük evrişim filtrelerine dönüştüren birçok katman içerir.

### 2.1.2. Havuzlama

Özellik haritaları evrişim ve aktivasyon fonksiyonundan geçtikten sonra havuzlama işlemi uygulanır. Havuzlama işlemi daha küçük özellik haritalarının oluşturulmasını sağlar. Görüntünün üzerinde bir pencere kaydırılmasıyla oluşur. Havuzlama işlemleri genel olarak maksimum, ortalama ve L2 havuzlamadır. Maksimum havuzlamada maksimum değer baştan sona geçer, ortalama havuzlamada girdi değerlerinin ortalaması alınır ve L2 havuzlama da da girdilerin L2 normunu hesaplar [20]. Görsel özelliklerinin bağımsız olarak çıkarılmasını ve görüntü boyutunun küçültülmesini havuzlama işlemiyle elde ederiz.

### 2.1.3. Tam Bağlı Katman

Evrişim ve havuzlama işleminden sonra veriler tek boyutlu bir vektöre dönüştürülür ve bu vektör tam bağlı ağa giriş olarak verilir. Tam bağlantılı bu yapı, birçok gizli katmandan oluşmaktadır. Her nöron ağırlıkları bir önceki katmandan gelen verilerle çarpılarak bias değerini ekler. Bu değer bir sonraki katmana iletilmeden önce aktivasyon fonksiyonuna tabi tutulur. Bu katmanda yapılan hesaplamalar aşağıdaki denklemde görülmektedir:

$$f(c_1) = f(b + \sum_{q=1}^M w_{1,q} * O_q) \quad (3)$$

$F$  aktivasyon fonksiyonunu,  $w$  ağırlık vektörünü,  $o$   $q$  nöronunun girdi vektörünü ve  $b$  bias değerini ifade etmektedir.

### 2.1.4. SoftMax

Lojistik regresyonun çok sınıflı uyarlanmış versiyonu olan softMax işlevi etkinleştirme işlevi olarak kullanılır. Genel olarak sınıflandırma amacı ile kullanılır ve aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilir: [20]

$$class_j = \frac{\exp(sf_j)}{\sum_q \exp(sf_q)} \quad (4)$$

### 2.1.5. DropOut

Ezberlemeyi önlemek için kullanılan yöntemlerden biridir. Ağ yapısında rastgele seçilen bazı nöronların aktivasyonu eğitim sırasında sıfır alınır. Bu yöntem sayesinde öğrenme süreci daha güvenilir hale gelir ve aşırı uydurma azaltılır [26].

### 2.1.6. DropConnect

Aşırı uydurmayı önlemek için geliştirilmiş ve DropOut'a benzer tekniklerden biridir. DropOut tekniğinde seçilen nöronların aktivasyonları sıfır olarak alınırken, bu yöntemde rastgele seçilen ağırlık değerleri sıfıra ayarlanır. Bu sayede ağırlık genelleme performansı artar ve ezberlemeyi önler [27].

### 2.3. Veri Seti

Veri seti uzmanlar tarafından hazırlanan ultrason görüntülerinden oluşturulmuştur [28]. Tiroid nodüllerini saptamak için bilgisayarlı tomografi (BT) ve ultrason (US) gibi görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılan B modu ultrason görüntüsü maliyet açısından en uygun tekniktir. Tiroid lezyonlarını tanımlamak için nodüller iyi huylu, muhtemel iyi huylu, sınırda, malignite için şüpheli ve malign olarak sınıflandırılmaktadır. Tiroid ultrason görüntülerinden benign ve malign tespitini bilgisayar ortamında yapabilmek için, ultrason görüntüleri öznelik çıkarma ve sınıflama olmak üzere iki aşamadan geçirilir. Bu sayede teşhis doğruluğunu artırma ve gereksiz iş yükünden kurtulma hedeflenmiştir. Önerilen veri tabanı en az iki uzman radyolog tarafından gerçekleştirilen Tiroid Görüntüleme Raporlama ve Veri Sistemi (TIRADS) sözleşmesini kullanarak 389 vakaya karşılık gelen B-modu ultrason görüntülerini içermektedir. Hastalar TIRADS tanımına uygun bir şekilde seçilmiştir. Vakalar Kolombiyadaki en büyük tanısal görüntüleme merkezlerinden biri olan ve yılda 2000'den fazla ince iğne aspirasyon yöntemi ile ilişkili tiroid ultrasonu yapan IDIME Ultrason Departmanından alınmıştır. Hastalar TIRADS

tanımına uygun olarak seçilmiştir. Yaşları 35 -57 , 2 -16 arasında değişen 270 kadın ve 29 erkek olmak üzere toplam 299 hasta kullanılmıştır. Hastaların TIRADS gerekliliklerini karşılayan spesifik özellikleri tanımlanmıştır. Tiroid ultrason videolarından görüntüleri çıkarmak için TOSHIBA Nemio 30 ve TOSHIBA Nemio MX kullanılmıştır. Görüntüler JPEG formatına dönüştürülüp kaydedilerek segmentlere ayrılmış nodüllerin ve açıklamalı etiketlerin web üzerinden anında paylaşılmasına izin vererek tasarlanan bir görüntü açıklama aracı geliştirilmiştir [28].

Tüm vakalar uzmanlar tarafından tiroidit, kistik nodül, malign ve iyi huylu nodüller olarak kategorize edilmiştir. Tanılar ultrason özelliklerine dayanmakta ve patolojik raporlarla doğrulanmaktadır. Patolojik tanımlamaya ek olarak BETHESDA (Tiroid Sitopatolojisini Raporlama Sistemi) sonuçları da XML dosyasına eklenmiştir. Tablo 1'de bu sonuçlar görülmektedir. XML dosyaları vakaların ayırt edici bilgilerini, sayılarını hastaların yaş ve cinsiyet bilgilerini içermektedir.

Tablo 1. PATOLOJİK TANI

BETHESDA CASES	
1	24
2	137
3	18
4	8
5	13
6	0

Tiroid bozukluğu olan 299 hastanın 347 ultrason görüntüsü analiz edilmiştir. Hastalar uzmanlar tarafından TIRADS sistemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Tablo 2 veri setinin gözlemci başına her kategoriden kaç vaka içerdiğini göstermektedir. Burada 200 vaka BETHESDA sistemine göre onaylanmıştır. 24 örnek patoloji çalışması için yetersiz görülmüştür. Görüntü özelliklerini patolojik olarak tanımlayabilmek için TIRADS sistemi kullanılmıştır.

Tablo 2. Her gözlemci için TIRADS sınıflandırmasının dağılımı

TIRADS	Gözlemci 1 Teşhis Edilen Vaka Sayısı			Gözlemci 2 Teşhis Edilen Vaka Sayısı		
	Bayan	Erkek	Toplam	Bayan	Erkek	Toplam
2	3	35	38	2	18	20
3	2	12	14	3	30	33
4a	9	76	85	11	79	90
4b	5	70	75	8	93	101
4c	6	50	56	1	34	35
5	4	26	30	4	16	20

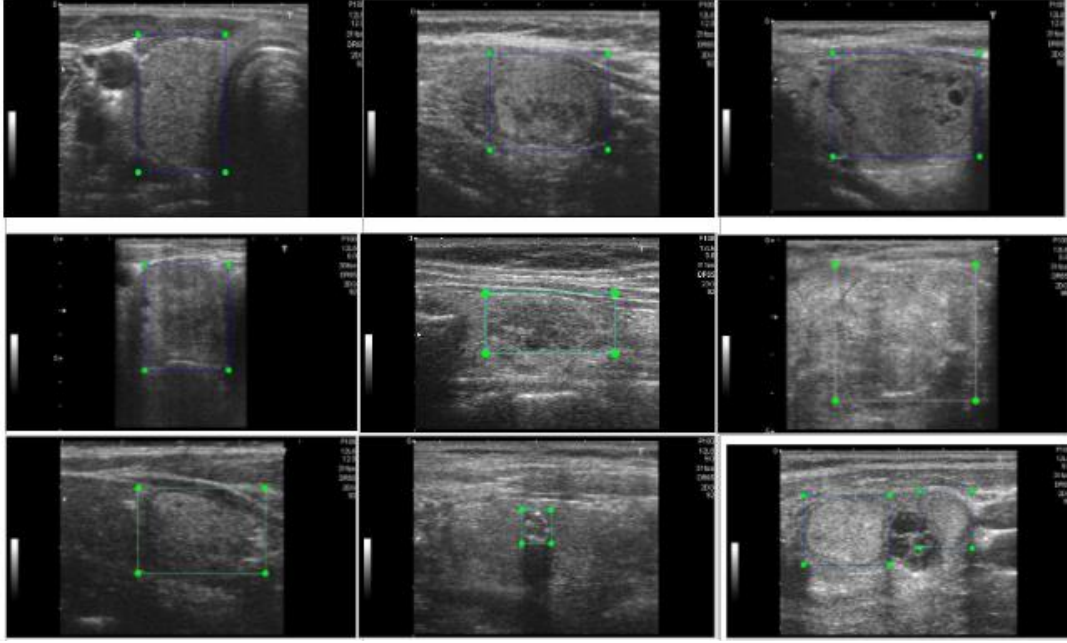
### 3. Bulgular

Bu çalışmada toplam 105 tiroid ultrason görüntüsü kullanılmış bunlardan 71 görüntü eğitim için 34 görüntü test için kullanılmıştır. Kullanılan veri setinin etiketlenmiş örnekleri e-ISSN: 2148-2683

Tablo 3'de görülmektedir. Etiketlenen veriler TIRADS skorlarına göre etiketlenmiştir. Eğitim işlemi sırasında tiroid ultrason görüntülerinin benign ve malign örneklerini içeren pekçok kombinasyonu kullanılmıştır.



Tablo 3. Tiroid ultrason görüntülerinin etiketlenmiş görselleri



Modelin eğitim işlemi sırasında GPU desteği alabilmek için GoogleColab ortamından yararlanılmıştır. Eğitim işlemi sonrasında TIRADS skorları ile belirlediğimiz kriterlere göre

test olarak verilen görüntülerden elde edilen sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Çalışmamızın test verilerine ait confusion matrisi ve Tablo 4'de belirtilmiştir. Bu matrisin performans ölçütleri Tablo 5'de gösterilmiştir.

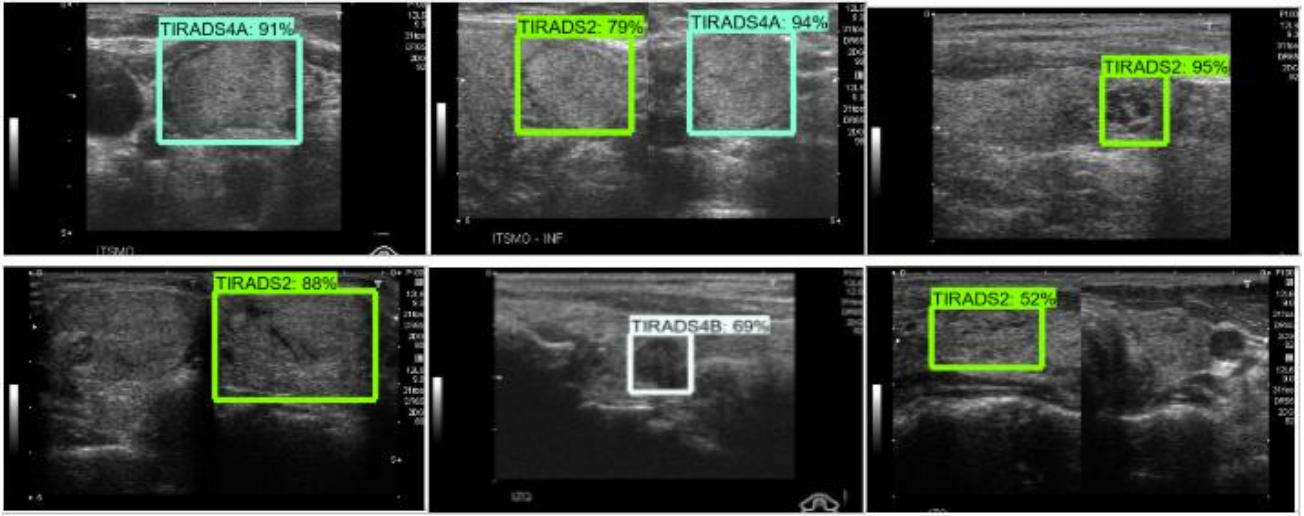
Tablo 4. Test işleminin confusion matrisi

	a	b	c	d	e	f
a = TIRADS2	5	0	0	1	0	0
b = TIRADS3	2	3	0	1	0	0
c = TIRADS4A	2	0	5	0	0	0
d = TIRADS4B	0	0	0	5	0	0
e = TIRADS4C	2	0	0	0	6	0
f = TIRADS5	0	0	0	1	0	3

Tablo5. Test işlemi için performans ölçütleri

	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
a = TIRADS2	%80,56	%83,33	%45,45	%58,82
b = TIRADS3	%91,67	%50,00	%100,00	%66,67
c = TIRADS4A	%94,44	%71,43	%100,00	%83,33
d = TIRADS4B	%90,63	%100,00	%62,50	%76,92
e = TIRADS4C	%93,75	%75,00	%100,00	%85,71
f = TIRADS5	%97,22	%75,00	%100,00	%85,71

Tablo 6. Nesne Tanıma İşlemi Yapılmış Test Resmi



#### 4. Sonuç

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte birçok alanda yapay zeka tekniklerinin avantajları kullanılmaya başlamıştır. Özellikle son yıllarda kanser oranlarındaki artış ile patoloğların iş yükü artmaya başlamıştır. Bu yükü azaltmak ve teşhis doğruluğunu arttırmak amacıyla ultrason görüntüleri üzerine derin öğrenme yöntemleri kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan en çok kullanılanlardan biri CNN'dir.

Bu çalışmada patolojide derin öğrenme yaklaşımlarına bir örnek olarak tiroid ultrason görüntüleri üzerine bir derin öğrenme yöntemi olan CNN uygulanmıştır. Uzman radyologlar tarafından belirlenmiş TIRADS skorları esas alınarak ultrason görüntüleri etiketlenmiş ve test edilmiştir. Elde edilen sonuca göre tiroid ultrason görüntülerinden tiroid nodülleri belirlenen TIRADS skorlarına göre tespit edilmiştir. Sonuçlar geliştirilen yöntemin doğruluğunu kanıtlamış ve önerilen bu yöntemin patoloğların dijital ortamda tiroid nodül tespiti yapabileceğini göstermiştir. Bu sayede manuel olarak kanserli dokuları teşhis etme zorluğu ve süresi azalarak patoloğlara ikinci bir görüş sunulabileceği görülmüştür.

#### Kaynakça

- [1] Du XL, Li WB, Hu BJ. Application of artificial intelligence in ophthalmology. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(9):1555–61.
- [2] McCorduck P. *Machines who think: a personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence.* Natick: A.K. Peters, 2004.
- [3] Russell SJ, Norvig P. *Artificial intelligence: a modern approach.* Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.
- [4] Gupta, N., Sarkar, C., Singh, R. ve Karak, A. K. (2001). Evaluation of diagnostic efficiency of computerized image analysis based quantitative nuclear parameters in papillary and follicular thyroid tumors using paraffin-embedded tissue sections. *Pathology Oncology Research*, 7(1), 46-55.
- [5] Daskalakis, A., Kostopoulos, S., Spyridonos, P., Glotsos, D., Ravazoula, P., Kardari, M., Kalatzis, I., Cavouras, D. ve Nikiforidis, G. (2008). Design of a multi-classifier system for discriminating benign from malignant thyroid nodules using routinely H&E-stained cytological images. *Computers in biology and medicine*, 38(2), 196-203.
- [6] Selvathi, D. ve Sharnitha, V. S. (2011). Thyroid classification and segmentation in ultrasound images using machine learning algorithms. In *2011 International Conference on Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies*, 836-841. IEEE.
- [7] Ding, J., Cheng, H. D., Huang, J. ve Zhang, Y. (2014). Multiple-instance learning with global and local features for thyroid ultrasound image classification. In *2014 7th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics* 66-70. IEEE.
- [8] Ma, J., Wu, F., Jiang, T. A., Zhao, Q., ve Kong, D. (2017). Ultrasound image-based thyroid nodule automatic segmentation using convolutional neural networks. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 12(11), 1895-1910. Doi: 10.1007/s11548-017-1649-7
- [9] Li, H., Weng, J., Shi, Y., Gu, W., Mao, Y., Wang, Y., Liu, W. ve Zhang, J. (2018). An improved deep learning approach for detection of thyroid papillary cancer in ultrasound images. *Scientific reports*, 8(1), 1-12. Doi:10.1038/s41598-018-25005-7
- [10] Fukushima, K., Neocognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biol. Cybern.* 36 (4), 193–202. doi: 10.1007/BF00344251, 1980.
- [11] Lo, S.-C., Lou, S.-L., Lin, J.-S., Freedman, M.T., Chien, M.V., Mun, S.K., Artificial convolution neural network techniques and applications for lung nodule detection. *IEEE Trans. Med. Imaging* 14, 711–718. doi: 10.1109/42.476112, 1995.
- [12] Sirinukunwattana, K., Raza, S. E. A., Tsang, Y. W., Snead, D. R., Cree, I. A. ve Rajpoot, N. M. (2016). Locality sensitive deep learning for detection and classification of nuclei in routine colon cancer histology images. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1196-1206.
- [13] Kraus, O. Z., Ba, J. L. ve Frey, B. J. (2016). Classifying and segmenting microscopy images with deep multiple instance learning. *Bioinformatics*, 32(12), 52-59.
- [14] Tajbakhsh, N., Shin, J. Y., Gurudu, S. R., Hurst, R. T., Kendall, C. B., Gotway, M. B. ve Liang, J. (2016). Convolutional neural networks for medical image analysis:

- Full training or fine tuning?. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1299-1312.
- [15] Cruz-Roa, A., Gilmore, H., Basavanthally, A., Feldman, M., Ganesan, S., Shih, N. N., Tomaszewski, J., Gonzales, F. A. Ve Madabhushi, A. (2017). Accurate and reproducible invasive breast cancer detection in whole-slide images: A Deep Learning approach for quantifying tumor extent. *Scientific reports*, 7, 46450. Doi: 10.1038/srep46450.
- [16] Hou, L., Samaras, D., Kurc, T. M., Gao, Y., Davis, J. E. ve Saltz, J. H. (2016). Patch-based convolutional neural network for whole slide tissue image classification. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2424-2433.
- [17] Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M. ve Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *nature*, 542(7639), 115-118.
- [18] Shi, G., Wang, J., Qiang, Y., Yang, X., Zhao, J., Hao, R., Yang, W., Du, Q. ve Kazihise, N. G. F. (2020). Knowledge-guided synthetic medical image adversarial augmentation for ultrasonography thyroid nodule classification. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 196, 105611.
- [19] Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B., et al. (2017). Deep learning for health informatics. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 21(1), 4–21.
- [20] Nielsen, M. A. (2015). *Neural networks and deep learning*. Determination Press.
- [21] Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). Imagenet: A large-scale hierarchical image database. In *IEEE conference on Computer vision and pattern recognition*, 2009. CVPR. 2009 (pp. 248–255). IEEE.
- [22] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1097–1105).
- [23] Sermanet, P., Eigen, D., Zhang, X., Mathieu, M., Fergus, R., & LeCun, Y. (2013). Overfeat: Integrated recognition, localization and detection using convolutional networks. (pp. 1–16). arXiv preprint arXiv:13126229.
- [24] Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., et al. (2015). Going deeper with convolutions. In *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 1–9).
- [25] Chandrakumar, T., & Kathirvel, R. (2016). Classifying diabetic retinopathy using deep learning architecture. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(6), 19–24.
- [26] Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting. *The Journal of Machine Learning Research*, 15(1), 1929–1958.
- [27] Wan, L., Zeiler, M., Zhang, S., Le Cun, Y., & Fergus, R. (2013) Regularization of neural networks using dropconnect. In *International Conference on Machine Learning*. (pp. 1058–1066).
- [28] Pedraza I., Vargas C., Narvaez F., Duran O., Munoz E., Romero E. (2015). An open access thyroid ultrasound-image Database. 10th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis, doi: 10.1117/12.2073532



# Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve AdaBoost Algoritması ile Araç Sınıflandırmasının Değerlendirilmesi

Seda Kul<sup>1\*</sup>, Ahmet Sayar<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7481-3560), [seda.kul.06@gmail.com](mailto:seda.kul.06@gmail.com)

<sup>2</sup> Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID 0000-0002-6335-459X), [ahmet.sayar@kocaeli.edu.tr](mailto:ahmet.sayar@kocaeli.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1023889)

**ATIF/REFERENCE:** Kul, S., Sayar, A., (2021). Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve AdaBoost Algoritması ile Araç Sınıflandırmasının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 299-303.

## Öz

Trafik yönetimi ve bilgi sistemlerinin trafik akışını doğru sağlayabilmesi için çeşitli sensörler ve kameralar kullanarak trafik hakkında bilgi edinmesi hayati önem taşımaktadır. Bu bağlamda video kameralar son yıllarda trafik gözetim ve kontrolünde yaygın ve aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada araçlar boyutlarına göre üç kategoriye ayrılarak sınıflandırılmıştır. Oluşturduğumuz trafik video görüntüleri üzerinde Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve Adaboost sınıflandırıcıları ile eğitim gerçekleştirilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Araç sınıflandırma, Akıllı trafik yönetimi, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve Adaboost, İkili imge bölge özellikleri.

## Evaluation of Vehicle Classification with Artificial Neural Networks, Support Vector Machines, and AdaBoost Algorithm

### Abstract

It is vital for traffic management and information systems to obtain information about the traffic using various sensors and cameras in order to provide the traffic flow correctly. In this context, video cameras have been widely and actively used in traffic surveillance and control in recent years. In this study, vehicles were classified into three categories according to their sizes. Training was carried out with Artificial Neural Networks, Support Vector Machines and Adaboost classifiers on the traffic video images we created and their performances were compared.

**Keywords:** Vehicle classification, Intelligent traffic management, Neural Networks, Support Vector Machines and Adaboost, Binary image region properties.

\* Sorumlu Yazar: [seda.kul.06@gmail.com](mailto:seda.kul.06@gmail.com)



## 1. Giriş

Son yıllarda akıllı trafik yönetimi [1, 2] özellikle trafik gözlemi ve denetiminde video kameralarının kullanımı çok yaygınlaşmış ve aktif olarak kullanılmaktadır. Görüntü işleme tabanlı video izlemeye dayalı trafik sistemleri yardımıyla plaka tanıma [3], araç sayısı bulma [4], trafik yoğunluğu tespiti [5], araç hızı hesaplanması [6], şerit ihlalleri [7] ve araç sınıflandırma [8] gibi birçok çalışma yapılabilmektedir.

Araç sınıflandırma; otoyolları kullanan araç sınıflarının yüzdelerini elde etmek, asfalt kalınlığını belirlemek ve farklı özelliklere göre (büyüklük, renk vs.) video görüntüleri içinde araç araması yapmak açısından önemlidir. Mevcut durumda bu bilgiler, video kameralarından yararlanılarak insan gözlem gücü ile elde edilmektedir. Araç sınıflandırmada otomatik bir sistemin kullanılması, insan operatörlerinin kullanımını ortadan kaldıracak ve buna bağlı maliyet azalacaktır.

Akıllı araç yönetim sistemlerinde, sisteme kayıtlı kullanıcılara istedikleri özelliklere sahip araçlara ait bilgi/görüntülerin gerçek zamanlı olarak aktarılması da son derece önemlidir. Örneğin bir kullanıcı sadece küçük sınıfa ait araçların (sedan gibi) görüntülerini almak isteyebilirken başka bir kullanıcı büyük sınıfa ait (kamyon gibi) araçların görüntüleri üzerinde çalışmak isteyebilir. Bu da ilgilenilen görüntüler üzerinde yapılan herhangi bir araştırma işlemini hızlandıracaktır.

Çalışma kapsamında araç görüntülerinin farklı sınıflandırıcılar ile araba, orta sınıf araç ve büyük sınıf araç olmak üzere üç sınıfa ayrılması ve bunların performans metriklerinin değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur.

Gerçekleştirilen yaklaşımın alt yapı planlaması, trafik yönetimi ve trafik suçları ile mücadele gibi farklı alanlara fayda sağlayacağı göz ardı edilemez. Sistemin etkinliği diğer araştırmacılar tarafından oluşturulmuş veri setleri üzerinde test edildiği gibi kendi oluşturduğumuz video görüntüleri üzerinde de sınanmıştır.

Makalenin geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir. II. bölümde, araç sınıflandırma ile ilgili çalışmalara yer verilecektir. III. bölümde, araç görüntülerinin sınıflandırılması ile ilgili önerilen yaklaşımın alt adımları detaylıca açıklanacaktır. IV. bölümde kendi oluşturduğumuz veri seti üzerinde gerçekleştirilen sınıflandırma başarımları değerlendirilecektir. Son bölümde ise sonuçlara yer verilecek, gelecek çalışmalar sunulacaktır.

## 2. Araç Sınıflandırma Literatür Taraması

Son yıllarda akıllı ulaşım sistemleri ve akıllı trafik yönetim uygulamaları, çeşitli devlet kuruluşları veya özel şirketler tarafından üzerinde titizlikle durulan konulardandır. Görüntü işleme yöntemleri de bu yazılım ve uygulamaları geliştirirken kullanılan temel algoritmalarındandır. Görüntü işleme temelli araç sınıflandırma sistemleri üzerinde literatürde birçok çalışma vardır. Bu çalışmada ise kent güvenlik sistemlerinden elde edilen trafik videolarından elde edilen görüntüler, içeriklerine göre ilgili konuya (büyüklük) bölütlenerek o konuya ait kanaldan yayımlanacaktır. O kanala kaydolan istemciler görüntünün sadece ilgili olan kısımlarını alacaklar. Bu şekilde ağ trafiği azalacak, görüntü işleme uygulamalarında ölçekleme ve performans problemlerine çözüm sunulmuş olacaktır.

Literatüre sınıflandırma ve nesne saptama üzerine araştırmacılar birçok çalışma kazandırmışlardır. Araç tespit ve kategorilendirmesi diğer konulara göre daha az işlenmiş bir konudur. Messelodi ve diğ. [9] araç tespiti için Kalman filtresi ve Gauss dağılımı tabanlı bir yaklaşım önermiş ve sistemlerinin performansını %92,5 doğruluk olarak vermişlerdir. Buch ve diğ. [10] ise üç boyutlu modele dayalı bir sınıflandırma gerçekleştirmişler ve %90,4 anısama, %87,9 hassasiyet ile sistemin performansını göstermişlerdir. Morris ve Trivedi [11, 12] Gauss tabanlı araç tespiti yapmışlar temel bileşen analizi ve doğrusal ayırtaç analizleriyle özellik vektöründe boyut indirgeme gerçekleştikten sonra K-yakın komşu sınıflandırması ile de araçların sınıflarını tespit etmişlerdir. Gandhi ve Trivedi [13] de yönlü eğitim histogramı özelliklerinin kullanıldığı araç içi bir sistem sunmuşlar, destek vektör makineleri ile sınıflandırılma yapmışlardır. Demet ve Gözde [14] ise otoyola ait herhangi bir bilgiye ve kamera parametre kalibrasyonuna ihtiyaç duymadan öğrenmeye dayalı bir sınıflandırma yöntemi sunmuşlardır. Önerilen yöntemi iki farklı video üzerinde test etmişler. İlk videoda sadece HOG özellikleri kullandıklarında %79.7 doğruluk, HOG ile beraber imge özellikleri kullandıklarında %80.6 doğruluk elde etmişlerdir. İkinci videoda ise sadece HOG özellikleri kullandıklarında %91.2 doğruluk, HOG ile beraber imge özellikleri kullandıklarında %96.4 doğruluk elde etmişlerdir. Ghada ise [15] yapmış olduğu çalışmada araç tipi sınıflandırmak için geometrik ve görünüm özelliklerini beraber kullanmıştır. Katmanlı bir sınıflandırma yapısı düşünülerek ilk katmanda araçlar küçük, orta ve büyük kategorisine ayrılmış, ikinci katmanda ise orta büyüklükteki araçlar kendi içinde tekrar sınıflandırılmıştır. Sınıflandırıcı olarak SVM seçilmiştir. Yapılan testler neticesinde ilk katmandaki sınıflandırma işleminin başarısı genişlik ve yükseklik özelliklerine göre (%96.7) ve sadece SIFT'e göre (%95.8) en yüksektir. İkinci katmandaki başarı ise yalnız SIFT (%89.6) kullanımında en yüksektir. Dong ve diğ. [16] araçların önden görünümünü yarı denetlenli yapay sinir ağı ile sınıflandırmışlardır. Yapay sinir ağı girdi olarak aldığı her bir görüntü için olasılıksal bir sonuç döndürmektedir. Gündüz çekilmiş görüntüler üzerinde %95.7, gece çekilmiş görüntüler üzerinde ise %88.8 sınıflandırma başarısı yakaladıklarını belirtmişlerdir. Literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırıldığında önerilen yaklaşımda farklı özellikler (SIFT, SURF, HOG, LBP) bir arada kullanılmış ve konu tabanlı olarak gerçek zamanlı sınıflandırılan görüntülerin istemcilere servis edilmesi sağlanmıştır. Her bir imge özelliğinin farklı sınıflandırma algoritmaları için doğruluk başarımları değerlendirilecektir

## 3. Araç Görüntülerini Sınıflandırma

Bu bölümde araçların küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırılmasına dayalı mimarinin alt adımları verilecek olup IV. bölümde performans testleri üzerinde durulacaktır.

### 3.1. Ön plan ve Arka plan Çıkarımı

Aracın, görüntü üzerinden ayrılıp farklı bir nesne olarak belirlenmesi için BGS (background subtraction) kütüphanesinden faydalanılmıştır. Sınıflandırma aşaması için araca ait öznitelikler belirlenmiş ve veri setinde bulunan araçlar için çıkarılmıştır.

Arka plan tespiti, kamera tarafından kaydedilen görüntü dizisinden, hareketli nesnelerin arka plandan çıkarılmasıdır [17]. Bu görev için, Andrew Sobral'ın [18] BGS algoritması içeren açık kaynaklı kütüphanesi kullanılmıştır. Bu noktada amaç, algoritmaların birbirlerine karşı avantajlarını ve dezavantajlarını tespit ederek proje için uygun olan BGS algoritmasını seçmektir.

Andrew Sobral'ın makalesinde yer alan her grup içerisinde en iyi olan beş algoritma değerlendirildi.

Gerçek zamanlı arka plan çıkarımı metodu seçimi için BMC 111 [19], Changedetection Highway ve Changedetection Low frame rate turnpike veri setleri [20] üzerinde en iyi beş algoritma denenmiş gerçek zamanlı sistemler için "Adaptive Background Learning" algoritması seçilmiştir [21]. Hareket halindeki araçların tespiti için ön plan-arka plan çıkarımı gerekmektedir. Bu amaçla Gauss dağılımlarının karışımı MOG yönteminden yararlanılmıştır [22]. Elde edilen ikili haldeki görüntülerdeki hareketli kısımları belirginleştirmek ve gürültüleri azaltmak için açma-kapama gibi morfolojik işlemlerle bağlı bileşen analizi yapılmıştır.

### 3.2. Özellik Vektörünün Oluşturulması

Sınıflandırma aşamasındaki özellik vektöründe kullanılmak üzere elde edilen imge bölgeleri için üç farklı kategoride (geometrik tabanlı, görünüm tabanlı ve ikili imge özellikleri) özellik çıkarılmıştır. Burada geometrik tabanlı özelliklerden kasıt; en, boy, yüksekliktir. Görünüm tabanlı özellikleri ise ölçek bağımsız özellikler (SIFT) [23] ve hızlandırılmış gürbüz özellikler (SURF) [24] özellikler oluşturmaktadır. İkili nesnelere ait özellikler ise imge alanı, en/boy ve bunların oranı, imgenin ana ve ikincil eksen uzunluklarından oluşmaktadır.

### 3.3. Sınıflandırma Algoritmaları

Bir önceki adımda oluşturulan özellik vektörleri sınıflandırma yöntemlerine girdi olacaktır. Sınıflandırma aşamasında öğrenmeye dayalı sınıflandırma metodu olan lineer destek vektör makineleri, yapay sinir ağları ve AdaBoost kullanılmıştır. Sonuç olarak hareketli araç görüntüleri küçük sınıf (araba gibi), orta sınıf araç (kamyonet gibi) ve büyük sınıf araç (kamyon) gibi sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma için veri setinin bir kısmı (%75 gibi) eğitim için geri kalan kısım da test işlemi için kullanılmıştır. Sınıflandırma başarısı; doğruluk (accuracy), anısama (recall), ve hassasiyet (precision) parametrelerine göre takip eden bölümde değerlendirilmiştir.

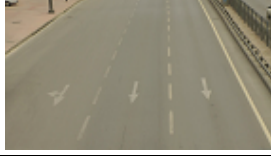







## 4. Performans Testleri

Bu bölümde oluşturduğumuz veri seti hakkında bilgi verilecektir. Daha sonra bu veri seti üzerinde gerçekleştirilen araç sınıflandırma performans testleri üzerinde durulacaktır.

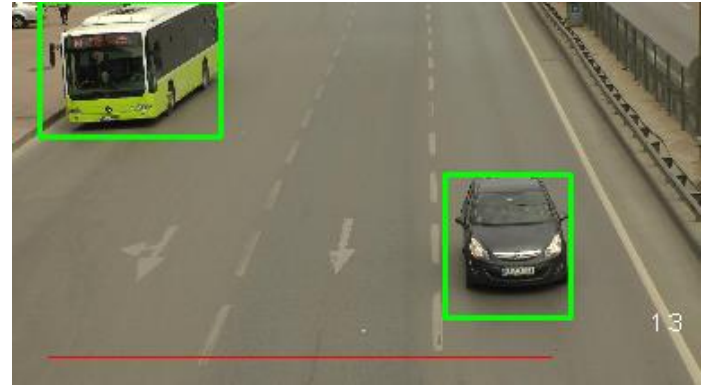
### 4.1. Veri Seti Tanıtımı

Çalışmada kendi veri setimizi ve zemin gerçeği (ground truth) görüntülerimizi oluşturmak adına çekim gerçekleştirildi. Çekim sonunda 1920 x 1080 boyutunda 3071 çerçeve elde edildi, çerçevelerin ground truth görüntüleri oluşturuldu. Tablo 1'de elde edilen veri seti ve bunlara ait ground truth görüntüler verilmiştir. Veri seti (<http://ipcv.kocaeli.edu.tr/wp/>) web sayfasında akademik çalışmalar için herkes tarafından erişilebilir hale getirilecektir.

Tablo 1. Oluşturulan veri setinden bir kesit

Çerçeve	Zemin Gerçeği
	
	
	
	

Araçların sınıflandırılmasında kullanılacak görüntülerden öznelik vektörü elde edildi. Vektör elde edim aşamasında görüntünün en uzak kenarında bulunan büyük sınıflı aracın küçük sınıflı araç ile karıştırılmaması için, Şekil 1'de gösterildiği üzere referans çizgisine bağlı araçlar seçildi. Veri seti 3071 görüntüden oluşmaktadır fakat referans çizgisine bağlı veri seti 185 görüntüye sahiptir.



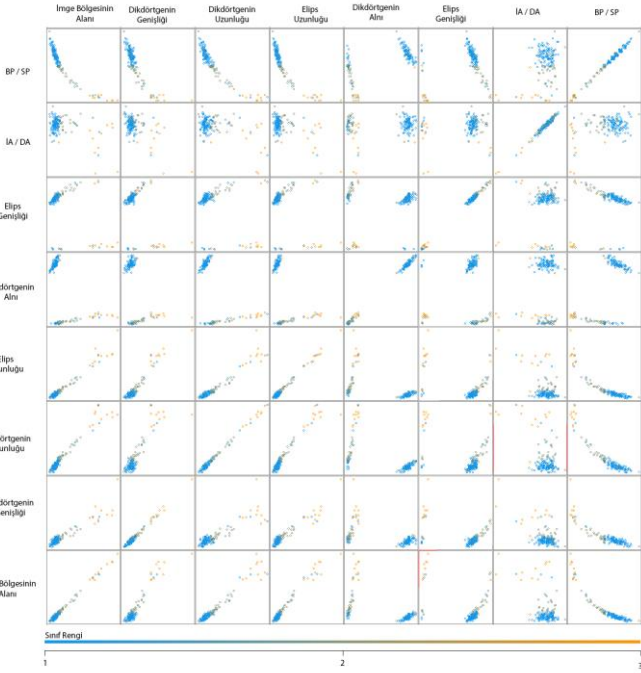
Şekil 1. Referans çizgisi gösterimi

Veri setinde Tablo 2'de gösterildiği üzere toplamda 176 olmak üzere 124 küçük sınıf, 42 orta sınıf ve 8 büyük sınıf araç mevcuttur.

Tablo 2. Araç tipine göre dağılım

Araç Tipi	Sayısı
Otomobil	122
Otobüs	3
Minibüs	13
Hafif Ticari	22
Kamyonet	4
Tır	8
Motor	2

Sınıflandırma aşamasında, görüntüler üzerinden araçların özellikleri elde edilmiştir. Toplamda 8 özellik araçların sınıflandırılması için kullanılmıştır. Özelliklerin ikili olarak sınıflar üzerindeki dağılımı Şekil 2’de verilmiştir.



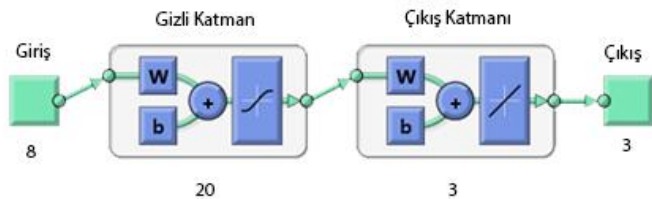
Şekil 2. Özelliklerin dağılımı

Araçlara ait imge bölgesi çıkarıldıktan sonra, sırası ile çıkarılan özellikler:

- İmge bölgesinin alanı hesaplanır
- İmge bölgesi bir dikdörtgen ile çevrenir
- Dikdörtgenin uzun ve kısa kenarları ölçülür
- Dikdörtgenin alanı hesaplanır
- İmge bölgesi bir elip ise çevrilir
- Elipsin kısa kenarı ve uzun kenarı ölçülür
- İmge bölgesi alanı, dikdörtgen bölgesi alanına oranlanır.  
\* İA / DA = İmge Bölgesi Alanı / Dikdörtgen Bölgesi Alanı
- İmge bölgesinde Bulunan Beyaz Piksel Sayısı, Siyah Piksel Sayısına Oranlanır. \*BP / SP = Beyaz Piksel Sayısı / Siyah Piksel Sayısı

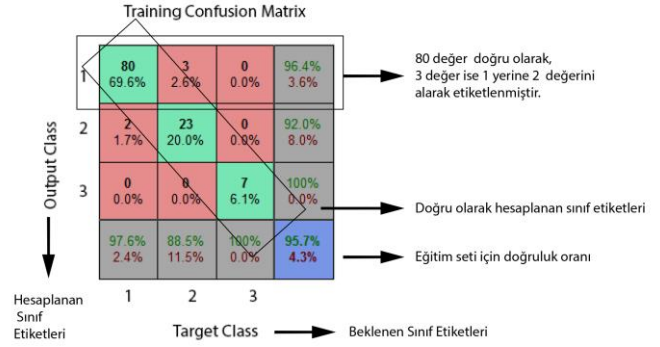
## 4.2. Sınıflandırma

Yapay sinir ağları, biyolojik nöronlardan esinlenerek geliştirilmiş öğrenme modelidir. Nöron temel yapıtaşını oluşturur. Bu çalışmada YSA modelinin, Şekil 3’te gösterildiği üzere YSA’da 8 nöronlu (özellik) giriş katmanu, 20 nöronlu bir gizli katman ve 3 nöronlu çıkış katmanı bulunmaktadır.



Şekil 3. Yapay sinir ağı modeli

YSA, eğitim aşamasında yapay sinir ağı en iyi sonucu 202 epoch da elde etmiştir. Ortalama karesel hata (mse), 0.079184 elde edilmiştir. Eğitim aşamasında %95,7 'lik doğruluk oranı ile, geçerleme (validation) aşamasında %83,3 doğruluk ile ve test aşamasında %87.5 doğruluk ile çalışmıştır.



Şekil 4. Karışıklık matrisi

DVM, yapısal risk en küçükleme prensibine göre çalışan dış bükey optimizasyona dayalı bir makine öğrenmesi modelidir. Söz konusu yöntem veriye ilişkin herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadığı için dağılımdan bağımsız bir yöntemdir.

DVM’e ait hassasiyet ve anımsama değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Precision ve Recall Değerleri

Sınıflar	Hassasiyet	Çağrışım
Küçük Sınıf	80.7	97.4
Orta Sınıf	82.4	40
Büyük Sınıf	100	50

SVM, %81.6 doğruluk ile sınıflandırma yapmaktadır.

AdaBoost algoritması, eğitim veri seti üzerinden dağılıma bağlı olarak düşük hatalı hipotez üretmeye çalışmaktadır.

Tablo 4’te Adaboost’a ait karışıklık matrisi verilmiştir.

Tablo 4. AdaBoost karışıklık matrisi

		Tahmin Edilen Durum		
		Küçük Sınıf	Orta Sınıf	Büyük Sınıf
Gerçek Durum	Küçük Sınıf	30	4	0
	Orta Sınıf	2	9	0
	Büyük Sınıf	1	0	2

Sınıflandırıcı, %85.416 doğruluk ile sınıflandırma yapmaktadır.

## 5. Sonuç

Geliştirilen araç büyüklük (küçük, orta ve büyük) sınıflandırma alt yapısının aşağıdaki faydaları sağlaması beklenmektedir:

- Kritik ve stratejik kararları zamanında ve doğru almasına imkân sağlanacaktır.



- Video görüntüleri üzerinden nesne tanıma dayalı ölçeklenebilir dağıtık bir mimari altyapısının geliştirilmesi sağlanacaktır.
- Önerilen sistem ile manuel olarak işlem yapan operatörlerin etkinliği azaltılacak ve gerçek zamanlı videolardan nesne tanıma daha doğru sonuçlar elde edilmesi sağlanacaktır. Operatör tüm gün boyu kamera görüntüsünü takip etme zorunda kalmayacak, sistemde ilgili olduğu araç ya da nesne ekrana düştüğünde uyarılarak operatörün dikkat problemlerini ortadan kaldırarak daha az yorulmasına neden olacaktır. İlgili olan kısmi görüntü operatöre gerçeğe yakın zamanda sunulacaktır.
- Son kullanıcılar farkı özelliklere göre (sınıf-büyüklik) arama kriteri belirleyebilecek ve belirli konulara kaydolun kullanıcılar gelen görüntüler üzerinde daha az arama uzayında arama ve işlem yapmak zaman tasarrufu sağlayacaktır.

İleride son kullanıcıların farkı özelliklere göre (renk, sınıf-büyüklik, hız) arama kriterlerini belirleyebilmesi (hiyerarşik konu olarak) ve belirli konulara (topic based pub/sub model) kaydolun kullanıcılar gelen görüntüler üzerinde daha az arama uzayında arama ve işlem yapması sağlanması üzerinde durulacaktır.

## Kaynakça

Kul, S., Eken, S., & Sayar, A. (2017). Distributed and collaborative real-time vehicle detection and classification over the video streams. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. <https://doi.org/10.1177/1729881417720782>.

Şentaş, A., Tashiev, İ., Küçükayvaz, F. et al. Performance evaluation of support vector machine and convolutional neural network algorithms in real-time vehicle type and color classification. *Evol. Intel.* 13, 83–91 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12065-018-0167-z>.

C. Gou, K. Wang, Y. Yao, Z. Li, “Vehicle License Plate Recognition Based on Extremal Regions and Restricted Boltzmann Machines,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(4): 1096-1107, 2016.

N. Miller, M. A. Thomas, J. A. Eichel, A. Mishra, “A Hidden Markov Model for Vehicle Detection and Counting,” *IEEE 12th Conference on Computer and Robot Vision* 269 – 276, 2015.

Shrikant Fulari, Ajitha Thankappan, Lelitha Vanajakshi & Shankar Subramanian (2019) Traffic flow estimation at error prone locations using dynamic traffic flow modeling, *Transportation Letters*, 11:1, 43-53, DOI: 10.1080/19427867.2016.1271761S. C. Subramanian, M. Panda, “Performance Comparison of Filtering Techniques for Real Time Traffic Density Estimation under Indian Urban Traffic Scenario,” *IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 1442-1447, 2015.

H. Im, B.Hong, S. Jeon, J. Hong, “Bigdata analytics on CCTV images for collecting traffic information,” *2016 International Conference on Big Data and Smart Computing*, pp. 525-528, 2016.

R. Marikhu, J. Moonrinta, M. Ekpanyapong, M. Dailey, S. Siddhichai, “Police Eyes: Real world automated detection of traffic violations,” *10th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer,*

*Telecommunications and Information Technology*, pp. 1-6, 2013.

H.C. Karaimer, I. Cinaroglu, Y. Bastanlar, “Combining Shape-Based and Gradient-Based Classifiers for Vehicle Classification,” *IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 800-805, 2015.

S. Messelodi, C.M. Modena, M. Zanin, “A computer vision system for the detection and classification of vehicles at urban road intersections”, *Pattern Analysis & Applications*, 8(1-2):17-31, 2005.

N. Buch, J. Orwell, S.A. Velastin, “Detection and classification of vehicles for urban traffic scenes”, *5th International Conference on Visual Information Engineering*, pp.182-187, 2008.

B. Morris, M. Trivedi, “Robust classification and tracking of vehicles in traffic video streams”, In *Intelligent Transportation Systems Conference. ITSC '06. IEEE*, pp.1078-1083, 2006.

B. Morris, M. Trivedi, “Improved vehicle classification in long traffic video by cooperating tracker and classifier modules”, In *AVSS '06: Proceedings of the IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance*, page 9, Washington, DC, USA. *IEEE Computer Society*, 2006.

T. Gandhi, M.M. Trivedi, “Video based surround vehicle detection, classification and logging from moving platforms: Issues and approaches”, In *Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 1067-1071, 2007.

D. Demet, B.A. Gözde, “Hareket Halindeki Araçların Sınıflandırılması”, *21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 1-4, 2013.

S.M. Ghada, “Vehicle Type Classification with Geometric and Appearance Attributes”, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering* 8(3): 273-278, 2014.

Z. Dong, Y. Wu, M. Pei, Y. Jia, “Vehicle Type Classification Using Semi-Supervised Convolutional Neural Network”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(4): 2247 – 2256, 2015.

S. Kul, S. Eken, A. Sayar, “Video Gözetleme Sistemlerinde Terk Edilmiş Nesne Saptamak için Servis Odaklı Uyarı Sistemi,” *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference*, 911-914, 2015.

A. Sobral, A. Vacavant “A comprehensive review of background subtraction algorithms evaluated with synthetic and real videos,” *ComputerVision and Image Understanding ELSEVIER*, vol. 122, pp. 4–21, May 2014.

BMC veri seti, [http://bmc.iut-auvergne.com/?page\\_id=24](http://bmc.iut-auvergne.com/?page_id=24)  
Changedetection veri setleri, <http://changedetection.net/>

S. Kul, S. Eken, A. Sayar, “Evaluation of Real-time Performance for BGSLibrary Algorithms: A Case Study on Traffic Surveillance Video,” *IEEE 6th International Conference on IT Convergence and Security*, 2016.

Z. Zivkovic, “Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction”, *Proceedings of the 17th International Conference on (ICPR'04)*, pp. 28-31, 2004.

D.G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints,” *International journal of computer vision*, 60, 91-110, 2004.

H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool, “Surf: Speeded up robust features”, *ECCV, Springer*, 404-417, 2006.





# İmmün Plazma Algoritması ile Bilişsel Radyo Ağlarında Çok Kullanıcılı Kanal Atama Probleminin Çözülmesi

Murat Kısa<sup>1</sup>, Selçuk Aslan<sup>2</sup>, Sercan Demirci<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2054-9677), [murat.kisa@bil.omu.edu.tr](mailto:murat.kisa@bil.omu.edu.tr)

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9145-239X), [selcukaslan@erciyes.edu.tr](mailto:selcukaslan@erciyes.edu.tr)

<sup>3\*</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6739-7653), [sercan.demirci@bil.omu.edu.tr](mailto:sercan.demirci@bil.omu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1024761)

**ATIF/REFERENCE:** Kısa, M., Aslan, S. & Demirci, S. (2021). İmmün Plazma Algoritması ile Bilişsel Radyo Ağlarında Çok Kullanıcılı Kanal Atama Probleminin Çözülmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 304-310.

## Öz

Aralık 2019'da Çin'de başlayan ve tüm dünyayı etkisi altına alan koronavirüs (COVID-19) pandemisi olarak bilinen sağlık krizi, her ne kadar Tıbbi alanlarla doğrudan alakalı olsa da mevcut teşhis ve tedavi yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar, bilgisayar bilimlerinden araştırmacıların da bu tedavi yöntemlerinden esinlenerek çalışmalar yapmasını mümkün kılmıştır. Bu çalışmada immün plazma tedavisinin temel işlem adımlarını dayanak noktası alan İmmün Plazma algoritması, bilişsel radyo ağlarında aynı zaman diliminde birden fazla bilişsel radyo kullanıcısının yayın yaptığı kanal atama probleminin özellikleri dikkate alınarak modifiye edilmiş ve bilişsel radyo kullanıcılarının aynı zaman dilimi içerisinde farklı kanalları kullanmalarını sağlamak amacıyla bir yöntem geliştirilerek bahsedilen problemin çözümündeki performansı incelenmiştir. Ayrıca, önerilen IPA temelli yöntem ile elde edilen sonuçlar Kaba Kuvvet arama ile elde edilen sonuçlar kullanılarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları IP algoritmasının bahsedilen arama yöntemine kıyasla daha başarılı sonuçları elde edebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Meta-sezgiseller, İmmün Plazma algoritması, kanal atama.

## Solving Multiuser Channel Assignment Problem in Cognitive Radio Networks with Immune Plasma Algorithm

### Abstract

The health crisis, known as the coronavirus (COVID-19) pandemic, which started in China in December 2019 and affected the whole world, although it is directly related to the medical fields, studies on current diagnosis and treatment methods suggest that researchers from computer sciences can also use this treatment enabled him to work inspired by his methods In this study, the Immune Plasma algorithm, which is based on the basic process steps of immune plasma therapy, has been modified by considering the characteristics of the channel assignment problem in which more than one cognitive radio user broadcasts in the same time slot. A method is used to enable cognitive radio users to use different channels in the same time period developed and its performance in solving the mentioned problem was examined. In addition, the results obtained with the proposed IPA-based method are compared using the results obtained by Brute Force search. The comparison results showed that the IP algorithm can achieve more successful results compared to the mentioned search method.

**Keywords:** Meta-heuristics, Immune Plasma algorithm, channel assignment.

\* Sorumlu Yazar: [sercan.demirci@bil.omu.edu.tr](mailto:sercan.demirci@bil.omu.edu.tr)

## 1. Giriş

Kablosuz ağlarda kısıtlı kaynakları verimli bir şekilde kullanmak oldukça zor bir iştir. Sınırlı kaynaklardan daha verimli bir şekilde faydalanmak için bilişsel radyolar önerilmiştir [1, 4, 5]. Bilişsel Radyo (CR), lisanssız spektrum ya da frekanstaki yetersizliği azaltmak ve verimliliği arttırmak için umut verici bir teknoloji olarak görülmüştür [6, 8]. Bilişsel radyo ağları, fırsatçı iletim ve dinamik frekans erişimi gibi yetenekleri sayesinde radyo frekanslarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar [7]. Bilişsel radyo ağları, ağ üzerinde doğrudan yayın yapma hakkına sahip lisanslı (birincil) ve ağ üzerinde lisanslı kullanıcıların yayın yapmadığı zamanlarda yayın yapma talebinde bulunan lisanssız (ikincil) kullanıcılar bir arada bulunur. Bilişsel radyolar dış dünyayı algılaya, öğrenme ve ona uyum sağlama becerisine sahiptir. Bu yetenekleriyle lisanslı kullanıcıların yaptığı yayını olumsuz etkilemeden, kullanılmayan frekans kaynaklarını lisanssız kullanıcıların kullanımına açabilmektedir [5].

Bilişsel radyo ağlarında kanal atamasının hızlı ve doğru bir biçimde gerçekleştirilmesi için evrimsel yöntemler, lineer programlama ve meta-sezgisel algoritmaların da bulunduğu farklı yöntemler kullanılmıştır. Dokuz çalışmada, kanal atama probleminin çözümü için Yapay Arı Koloni algoritması temelli bir model sunulmuştur ve bu yeni modelle elde ettiği skorları Karınca Koloni algoritması ile karşılaştırmıştır [11]. Her iki algoritmayla da elde edilen skorlar incelendiğinde Yapay Arı Koloni algoritması daha iyi sonuçlar vermiştir [11]. Salameh çalışmasında tek alıcı-vericideki frekans erişim problemine odaklanarak frekans ataması ve iletim hızını en üst düzeye çıkartmak istemiştir. Geliştirilen protokolle ağın verimi adaletli bir şekilde iyileştirilmiştir [5]. Qin ve ark. bilişsel radyo ağlarında kanal atama ve fırsatçı yönlendirmenin birlikte uygulandığı yeni bir problem üzerinde durmuşlardır ve çalışmalarında ele aldıkları problemi bir sezgisel yaklaşım kullanarak çözümlendirmişlerdir. [12]. Bu önerdikleri yeni sezgisel yöntemin literatürdeki diğer yönlendirme ve atama yöntemlerine kıyasla daha başarılı olduğunu göstermişlerdir. [12]. Wei ve Hu ağ üzerindeki lisanssız kullanıcılar için çok kanallı seçim yeteneğini kullanarak en yüksek adalet seviyesine sahip kanal ataması yapmayı hedeflemişlerdir [13]. Önerdikleri yeni yaklaşımın diğer spektrum atama yöntemleri ile kıyasladıklarında daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir [13]. Demirci ve Gözüpek bilişsel ağlarda kanal değiştirilmesiyle ortaya çıkan enerji tüketimi probleminin çözümü için sezgisel bir yöntem olan polinom zamanlı algoritma önermişlerdir [14]. Endüstriyel bilişsel radyo ağlarında frekans ataması yapılırken frekans değişikliği gerçekleştiğinde ortaya çıkan enerji maliyetinin en aza indirgenmesi için frekans atama ve çözümlenme problemini modellemişlerdir [14]. Salameh ve ark. bilişsel radyo ağları için farklı ağ koşulları ve farklı trafik etkenlerinin kanal atamasını nasıl etkilediğini test etmek için yeni bir kanal ataması yöntemi ve uyarlanabilir protokol önermişlerdir [15]. Raju ve ark. Çekirge algoritmasını kullanarak kanal atama probleminin çözümünü gerçekleştirmişlerdir [16]. Musa ve ark. çalışmalarında yeni bir güç kontrollü kanal atama protokolü geliştirmek için fiziksel girişim modelinden faydalanmışlardır. Önerilen yeni atama protokolüyle, spektrum kullanımını ve ağ verimini literatürde yapılan diğer çalışmalarda kullanılan protokollere kıyasla daha iyi olduğunu göstermişlerdir [17]. Latif ve ark. bilişsel ağda ikincil kullanıcılar için spektrum atamasını daha verimli hale getirmek için Parçacık Sürü

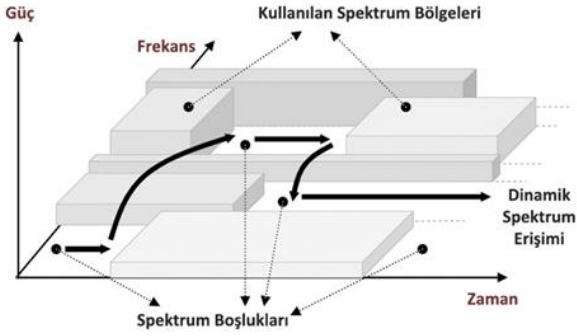
Optimizasyonu algoritmasından faydalanmışlardır. Önerdikleri bu yeni yöntem ile ikincil kullanıcılar arasındaki etkileşimi azaltmayı başarmışlardır [18]. Sanka ve ark. kanal atama probleminin çözümü için meta sezgisel bir yöntem olan Dragonfly algoritmasını kullanmışlardır. [19]. Tlouyamma ve Velepini çalışmalarında bilişsel ağın, lisanslı olmayan kullanıcıların yayın yapacağı kanallara karar verirken lisanslı kullanıcıların olası yayınlarını değerlendirmişlerdir. Bu geliştirdikleri yaklaşım ile gecikmeleri büyük ölçüde azaltabilmişlerdir. [20]. Devi var Ark. çalışmalarında kullanılmayan kanalları verimli şekilde paylaşmak ve yeniden kullanım özelliğini genişleten bir açık artırma yöntemi sunmuşlardır. Bu yöntemde müzayedeci bir teknik kullanarak, lisanssız kullanıcılardan toplanan tekliflere göre kazanana belirleyip kullanılmayan kanalların etkin bir şekilde kullanılması sağlanmıştır [22]. Yılmazel ve Ark. yapay zeka teknikleri ve frekans atama algoritmalarını birleştirerek yeni bir yaklaşım önermişlerdir [23]. En iyi ve en yüksek kanal tahsisini yapmak için Genetik algoritma kullanılmıştır ve genetik algoritma kullanılmadan yapılan çalışmalara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir [23]. Goyal ve ark. Ağ üzerinde iletim sırasında oluşabilecek çakışmaları önlemek ve kanalların verimli kullanılmasını sağlamak için dağıtılmış bir kanal atama algoritması önermişlerdir. Bu yöntemle paketlerin hedeflerine iletilme oranını ve kanal kullanımını önemli ölçüde arttırmışlardır [24]. Agarwal ve ark. çalışmalarında lisanslı kullanıcıların kullandıkları kanalları tahmin etmek ve algılamak için geliştirilmiş Yapay Arı Koloni (ABC) algoritması önermişlerdir. Önerilen bu geliştirilmiş yöntem sayesinde lisanssız kullanıcılar için frekans tahsisi daha doğru yapılarak ağın verimliliği artırılmıştır [25].

Bu çalışmada, bilişsel radyo ağlarında birden fazla lisanssız kullanıcının bulunduğu kanal atama probleminin çözümü için yeni bir meta-sezgisel yöntem olan İmmün Plazma algoritmasından (IP algoritması) [21] faydalanılarak yeni bir yöntem önerilmiştir. IP algoritması birden fazla lisanssız kullanıcının bulunduğu kanal atama probleminin özellikleri dikkate alınarak güncellenmiştir. Lisanslı olmayan kullanıcılara atanan kanalların değişimine bağlı olarak ortaya çıkan maliyetin en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde kanal atama problemi ve kanal atama maliyetinin minimizasyonunu dikkate alan model açıklanmıştır ve bilişsel radyo ağı üzerinde oluşabilecek frekans çakışmalarının önüne geçmek için oluşturulan düzenleme fonksiyon modelinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde IP algoritmasının işlem adımları için kullanılan matematiksel modeller detaylandırılmış, IP algoritmasının birden fazla lisanssız kullanıcının bulunduğu kanal atama problemi için nasıl düzenlendiği açıklanmıştır. Dördüncü bölümde sunulan bu yeni yöntemin, farklı senaryolarla elde edilen sonuçları ve detayları değerlendirilmiştir. Son bölümde ise sonuçlara yer verilmiştir.

## 2. Kanal Atama Problemi

Bilişsel radyo ağları, lisanslı (birincil) ve lisanssız (ikincil) kullanıcıların bir arada bulunmasına izin vermektedir. Lisanslı kullanıcılar yayın yapma hakkında doğrudan sahiptir. Lisanssız kullanıcılar ise belirli kurallar çerçevesinde lisanslı kullanıcıların yayın yapmadığı zamanlarda yayın yapabilmektedir. Böylelikle bilişsel radyo ağlarında fırsatçı iletim ve dinamik frekans erişim yetenekleri ile radyo frekanslarının verimli bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Lisanslı olmayan kullanıcıların yayın taleplerine boşta olan frekanslar arasından dinamik frekans

seçimi yapılarak cevap verilebilir [9]. Bilişsel radyonun asıl amacı bilişsel yetenekleri kullanılarak en iyi kanalı elde edebilmektir.



Şekil 1. Spektrum Boşluk Yapısı [3].

Şekil 1'de görüldüğü gibi lisanslı spektrum diğer lisanslı kullanıcıların yayın yapmasını etkilemeyecek şekilde paylaşılmaktadır. Bilişsel radyo spektrum boşluğu veya beyaz boşluk olarak adlandırılan ve geçici olarak kullanılmayan spektrumun kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Eğer frekans lisanslı bir kullanıcı tarafından kullanılıyorsa bilişsel radyo kullanıcısı müsait olan başka bir frekansa geçer ya da girişime sebep vermeyecek şekilde iletim gücü değiştirilerek aynı frekans üzerinden yayın yapmaya devam eder. Bilişsel radyo ağı için lisanslı kullanıcıların iletişimini korumanın önemli olması nedeniyle spektrum sezme, spektrum yönetimi, spektrum değiştirme ve spektrum paylaşma gibi dört temel özelliğe sahip olmalıdır [6].

- Spektrum sezme: Atıl durumdaki spektrumun tespit edilmesi ve bu spektrumun diğer kullanıcıların yaptığı yayını etkilemeden paylaşılmasıdır.
- Spektrum yönetimi: Kullanıcıların yayın gereksinimlerine en uygun spektrumun belirlenmesidir.
- Spektrum değiştirme: Sorunsuz bir iletişim gerçekleştirebilmek için gerektiğinde kullanılan spektrumun değiştirilmesidir.
- Spektrum paylaşma: Ağ üzerinde bir arada bulunan lisanssız kullanıcılar arasında adaletli bir spektrum paylaşımı gerçekleştirilmesidir.

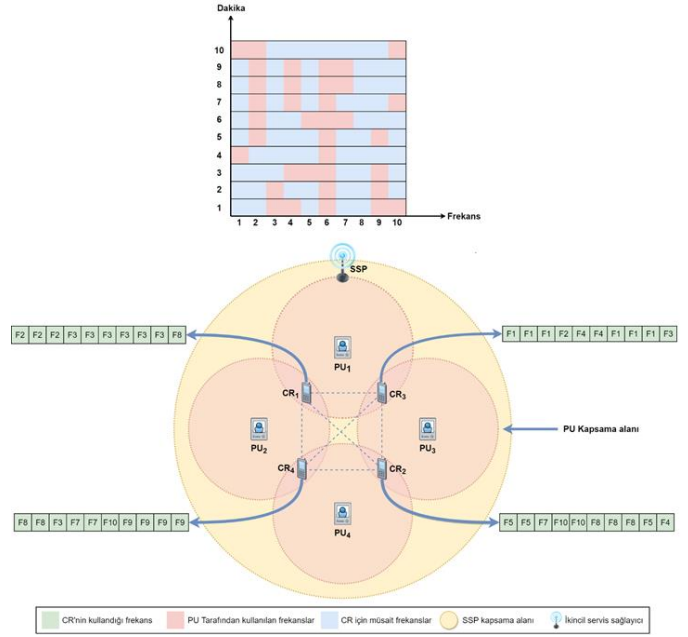
Bilişsel radyo ağları, çalışma parametrelerini etkin bir şekilde değiştirerek spektrumları görürler, boşa bulunan bantları sezerler ve müsait durumda olan bantları lisanssız kullanarak genel spektrum kullanımını artırırlar. Lisanslı bantlarda, lisansa sahip olan kablosuz kullanıcıların tahsis edilen bant üzerinden yayın yapabilmesine ve kanala erişim sağlamasına izin verilmektedir. Birincil kullanıcılar yayın yapmaya başladığı zaman, bilişsel radyo kullanıcısı müsait durumda olan frekansları belirler ve daha sonra bu müsait frekanslar arasından seçim yapar, alıcısını ve vericisini ayarlayarak yeni frekans üzerinden yayın yapmaya başlar [10].

Birden fazla bilişsel radyo kullanıcısının bulunduğu kanal atama probleminde temel amaç bilişsel ağdaki frekans kullanımını en üst düzeye çıkarmaktır. Fakat ağdaki kullanıcıların yayın yaptıkları frekansları doğrudan veya dolaylı

olarak değiştirmesi, güç ayarlarının tekrardan uygulanmasını gerektirdiğinden yeni frekansa geçiş esnasında kısa süreli gecikmeler oluşabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da lisanslı kullanıcıların kullanmadığı frekansların bilişsel radyo kullanıcıları tarafından da aynı zaman diliminde kullanılmaması gerektiğidir. Problem çözülürken lisanslı olmayan herhangi bir  $k$  kullanıcısı için yapılan atamaların uygunluğunu göstermek amacıyla Eşitlik 1 ile hesaplanan skordan faydalanılmıştır [11].

$$C_k = \sum_{i=1}^{CR} \sum_{j=1}^{N-1} f_k[i][j] \quad (1)$$

Eşitlik 1'de verildiği üzere  $CR$  bilişsel radyo kullanıcılarının sayısını temsil etmektedir.  $N$  parametresi yayın yapılabilen dakikalara karşılık gelmektedir.  $f_k[i][j]$  değeri  $i$ 'inci bilişsel radyo kullanıcısı için frekans değişikliği olup olmaması dikkate alınarak belirlenmektedir. Eğer  $j$ 'inci dakikadan  $j+1$ 'inci dakikaya geçerken frekans değişikliği tespit edilirse değeri bir, değişiklik yoksa sıfır olarak atanır. Hesaplanan skor ile her bir bilişsel radyo kullanıcısı için  $N$  dakikalık zaman diliminde yaptığı yayın dikkate alınarak en uygun şekilde yapılan atamaların  $C_k$  değerini minimum yaptığı görülmektedir.



Şekil 2. Tasarlanan bilişsel radyo ağ modeli [14].

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Veri Seti

<i>Fr</i> <i>Dk</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
6	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
7	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
8	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
9	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
16	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
17	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
18	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
19	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
20	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Bilişsel radyo kullanıcılarının aynı zaman diliminde aynı frekansı kullanarak yayın yapmaya çalışması ihtimali kanal atama problemini daha da karmaşık hale getirmektedir. Bilişsel radyo kullanıcıları aynı zaman diliminde farklı frekansları kullanmalıdır. Aynı frekans üzerinden yayın yapmaya çalışırlarsa çakışmalar meydana gelebilir ve iki kullanıcı da yayın yapamaz hale gelir. Bu durumu ortadan kaldırmak için bir düzenleme fonksiyonu önerilmiştir. Bu fonksiyon modifiye edilmiş IP algoritmasına yardımcı olarak, ağ üzerinde ortaya çıkan çakışmaları kontrol edip varsa düzenleyerek işlem yapmaktadır. İşlem adımları Algoritma 1 üzerinde gösterilmiştir.

### Algoritma 1. Kanal atama problemi için düzenleme fonksiyonu

```

1: for i ← 0 ... TS do
2:   frequencies = get_available_frequency(i)
3:   for j ← 0 ... CR do
4:     if m[j][i] in frequencies then
5:       available_frequencies_temp.add(m[j][i])
6:     end if
7:   end for
8:   for j ← 0 ... len(frequencies) do
9:     if m[j][i] not in available_frequencies_temp then
10:      available_freq.add(frequencies[j])
11:    end if
12:   end for
13:   sayac = 0
14:   for j ← CR do
15:     for k ← CR do
16:       if j not equal k then
17:         if m[j][i] equal m[k][i] then
18:           m[k][i] = available_frequencies[sayac]
19:           sayac = sayac+1
20:         end if
21:       end if
22:     end for
23:   end for
24:   available_frequencies_temp clear
25:   available_frequencies clear
26: end for

```

Algoritma 1 ile açıklanan düzenleme fonksiyonunda ilk olarak i'inci zaman dilimindeki müsait frekanslar bir diziye atanmıştır. Oluşturulan bu müsait frekans dizisi içindeki frekanslar bilişsel radyo kullanıcıları tarafından kullanılıyorsa bu frekanslar geçici bir diziye alınarak müsait frekans dizisinden çıkarılması sağlanmıştır ve gerçek müsait frekans dizisi oluşturulmuştur. Elde edilen bu dizile bilişsel radyo kullanıcılarının i'inci zaman diliminde hangi frekansı kullandığını araştırılmıştır. Eğer farklı bilişsel radyo kullanıcılarının aynı frekansı kullandığı tespit edilirse bilişsel radyo kullanıcılarından birinin kullandığı frekans gerçek müsait frekans dizisinden sıraya göre seçilerek bilişsel radyo kullanıcıları arasında oluşan frekans çakışması ortadan kaldırılmıştır.

### 3. İmmün Plazma Algoritması

Bağışıklık sistemi, vücudu enfeksiyonlara ve diğer hastalıklara karşı koruyan, komplike ve çok katmanlı bir sistemdir. Bağışıklık sisteminde vücudun yaşam döngüsü boyunca karşılaştığı tüm mikropların kaydı tutulmaktadır. Daha önce karşılaşılmış mikroplarla tekrar karşılaşılması durumunda, bunları algılayarak vücudu enfeksiyonlara karşı korumaktadır. Bağışıklık sistemi enfeksiyona karşı koymak için, enfeksiyonun kaynağı olan bileşenlere bağlanarak diğer sağlıklı hücreleri etkilemelerine engel olan antikörlerin B ve T hücrelerini kullanarak sentezlenmesini sağlar. Fakat enfeksiyon oranının



yüksek olması veya bağışıklık sisteminin zayıf olması gibi durumlarda antikor sentezi yetersiz kalabilir. Böyle durumlarda enfeksiyonu kısa süre önce atlamış olan bireylerdeki kanın antikor yoğun ve plazma olarak adlandırılan kısmı kritik bireylere nakledilerek kullanılabilir. Bu yöntemin adı immün plazma tedavisidir.

Yeni bir meta-sezgisel yöntem olan İmmün plazma algoritması bu bahsedilen immün plazma tedavisinin temel işlem adımlarını ve uygulama prensiplerini dayanak noktası olarak almaktadır.

### 3.1. Popülasyonun Oluşturulması

Popülasyon büyüklüğü PS olan algoritma D parametrelili bir problem için  $x_k$  bireyinin  $j$ 'inci parametresinin değeri Eşitlik (2) kullanılarak oluşturulur.  $x_j^{max}$  ve  $x_j^{min}$  bireyin  $j$ 'inci parametresinin alt ve üst limitlerini temsil etmektedir.  $rand(0,1)$  sıfır ile bir arasında üretilen rastgele bir sayıdır [21]. Kanal atama probleminin çözümü için oluşturulan değer eğer bir tam sayı değilse en yakın tam sayıya yuvarlanıp, müsaitlik kontrolü yapılmıştır.

$$x_{kj} = x_j^{min} + rand(0,1)(x_j^{max} - x_j^{min}) \quad (2)$$

### 3.2. Enfeksiyonun Yayılması ve Bağışıklık Cevabı

Enfeksiyonun yayılması için IP algoritması Eşitlik (3)'ü kullanılmaktadır. Eşitlik (3) üzerinde  $x_{kj}^{inf}$  enfekte olan  $x_{kj}$  bireyinin rasgele belirlenmiş  $j$ 'inci parametresinin değeridir.  $rand(-1,1)$  değeri -1 ile 1 arasında rastgele belirlenmiş bir sayıdır.  $x_m$  bireyi  $x_k$  bireyinden farklı olmak şartıyla popülasyondan rasgele seçilmiş bir bireyin  $j$ 'inci parametresidir. Kanal atama probleminin çözümü için enfekte edilmiş bireyin değeri en yakın tam sayıya yuvarlanarak müsaitlik kontrolü yapılmıştır. Eğer enfeksiyon sonrası yuvarlanmış değer müsaitlik kontrolü sonrası değeri enfeksiyon öncesi değerinden farklıysa ve elde edilen skor ile temsil edilen frekans müsait değilse, yeni skorun karşılık geldiği frekansı kullanan bireyin değeri  $x_k$  bireyinin enfeksiyon öncesi değeri ile değiştirilir.

$$x_{kj}^{inf} = x_{kj} + rand(-1,1)(x_{kj} - x_{mj}) \quad (3)$$

Bireylerin bağışıklık öncesi değeri  $f(x_{kj})$  ile bağışıklık sonrası değeri ise  $f(x_{kj}^{inf})$  ile tanımlanmaktadır [21]. Eğer  $f(x_{kj}^{inf})$  değeri  $f(x_{kj})$  değerinden daha küçükse  $x_{kj}$  parametresinin değeri  $x_k^{inf}$  ile Eşitlik (4)'te gösterildiği üzere güncellenir. Diğer durumda ise  $x_{kj}$  parametresi değiştirilmeden bırakılır.

$$x_{kj} = \begin{cases} x_{kj}^{inf}; & \text{if } f(x_{kj}^{inf}) < f(x_{kj}) \\ x_{kj}; & \text{if } f(x_{kj}^{inf}) \geq f(x_{kj}) \end{cases} \quad (4)$$

### 3.3. Plazma Transferi

Enfeksiyon popülasyondaki tüm bireyler arasında yayıldıktan sonra IPA donör ve alıcı olacak olan bireyleri belirler. Donör birey bağışıklık seviyesi en iyi olan NoD birey, alıcı birey ise bağışıklık seviyesi en kötü olan birey ise NOR birey olarak atanır.  $x_k^{rcv}$  alıcı bireyi ve donör bireyler arasından rastgele seçilen  $x_m^{dnr}$  donör bireyine ait plazma transferi Eşitlik (5) ile yapılmaktadır.  $x_{kj}^{rcv-p}$  değeri  $x_k^{rcv}$  bireyinin plazma transferi sonrası (1, 2, ..., D) kümesinden sırasıyla seçilen  $j$ 'inci parametresinin yeni değeridir ve problemin çözümü için elde edilen değer en yakın tam sayıya yuvarlanmıştır ve müsaitlik kontrolü yapılmıştır.

$$x_{kj}^{rcv-p} = x_{kj}^{rcv} + rand(-1,1)(x_{kj}^{rcv} - x_{mj}^{dnr}) \quad (5)$$

Eğer  $x_{kj}^{rcv}$  alıcı bireyinin plazma tedavisi sonrası bağışıklık cevabı  $x_{kj}^{rcv-p}$  değeri ile gösterilmiştir. Eğer  $f(x_{kj}^{rcv-p})$  değeri  $f(x_{kj}^{rcv})$  değerinde daha küçük ise birey bağışıklık sonrası değeri ile güncellenir ve ikinci doz plazma hazırlanır [21]. Diğer durumda  $x_k^{rcv}$  bireyi ile  $x_m^{dnr}$  bireyi ile değiştirilerek tez doz plazma transferi gerçekleştirilir.

Tedaviye yanıt vermeyen ve kritik seyir gösteren bireylerin tedavisine plazma donörü olarak katkı sunan bireylerin bağışıklık cevabı zamana göre değişebilir. IP algoritması donör bireylerin bağışıklık cevabının değişimi ilgili değerlendirme sayısını ( $t_c$ ) ve maksimum değerlendirme sayısı ( $t_{max}$ ) değerlerine bağlı olarak modellenir [21].  $x_{mj}^{dnr}$  donör bireyi için  $t_c/t_{max}$  oranı, değeri 0 ile 1 arasında rasgele seçilen sayıdan küçük ise  $x_{mj}^{dnr}$  donör birey Eşitlik (2) kullanılarak yeniden oluşturulur. Eğer büyükse Eşitlik (6) kullanılarak sınırlı olarak değiştirilir. Eşitlik (6) ile değiştirilen birey kanal atama problemi çözümü için mutlaka en yakın tam sayıya yuvarlanıp ve müsaitlik kontrolü yapılmalıdır.

$$x_{mj}^{dnr} = x_{mj}^{dnr} + rand(-1,1)x_{mj}^{dnr} \quad (6)$$

## 4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Dört farklı bilişsel radyo kullanıcısının aynı zaman diliminde yayın yaptıkları kanal atama probleminin çözümü için modifiye edilen IP algoritmasının başarısı Tablo 2'de verilen senaryo üzerinden incelenmiştir. Algoritmanın popülasyon büyüklüğü için 30, 50 ve 100 değerleri belirlenmiştir. IP algoritması için donör ve alıcı birey sayısına bağlı olarak oluşan etkinin analizi amacıyla NoR ve NoD parametrelerinin değerleri 1 ve 2 olarak alınmıştır. Popülasyon büyüklüğü, NoR ve NoD parametrelerine atanan farklı değerler ile dört adet bilişsel radyo kullanılarak, IPA maksimum değerlendirme sayısı 15000 alınarak 30 farklı sefer çalıştırılarak test edilmiştir. Her test ya da değerlendirme sonucu IPA tarafından elde edilen en iyi çözüm ve bu çözüme ait amaç fonksiyon skorları hafızada tutularak 30 farklı değerlendirme ile elde edilen en iyi skorların amaç fonksiyon değerlerinin ortalaması, standart sapması hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. IPA için bulunan atamaların ortalama en iyi amaç

fonksiyon değerleri ve standart sapmaları

Sen.	PS = 30			
	NoR = 1		NoR = 2	
	NoD = 1	NoD = 2	NoD = 1	NoD = 2
Ort.	36.4664	41.7333	42.6	37.0333
Std.	1.6069	2.0483	3.0832	1.3287
Sen.	PS = 50			
	NoR = 1		NoR = 2	
	NoD = 1	NoD = 2	NoD = 1	NoD = 2
Ort.	39.9333	46.2333	42.6333	40.2666
Std.	1.3399	2.7529	2.8923	1.5691
Sen.	PS = 100			
	NoR = 1		NoR = 2	
	NoD = 1	NoD = 2	NoD = 1	NoD = 2
Ort.	44.1333	50.1666	40.4333	43.9
Std.	1.5216	2.1304	2.5124	1.8859

Tablo 2'deki sonuçlar incelendiğinde popülasyon boyutunun 30, NoD ve NoR parametrelerinin 1 olarak belirlendiği durumda en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Tablo 2'ye göre popülasyon sayısı yüksek ve çözüm çeşitliliğinin fazla seçildiği duruma göre popülasyon sayısının daha küçük seçilmesinin daha uygun olduğu görülmektedir. NoR ve NoD parametrelerinin seçimleri de Tablo 2'deki sonuçlara bakıldığında IP algoritmasının çalışma performansını etkilemektedir. NoR ve NoD sayısı eşit seçildiğinde popülasyondaki birey sayısının 30 ve 50, NoD sayısı NoR sayısından daha küçük seçildiğinde ise birey sayısının 100 olduğu senaryolarda daha iyi sonuç vermektedir.

Tablo 3 üzerinde algoritmanın 30 farklı kez çalışmasına ait ortalama tamamlanma süreleri ve standart sapmaları gösterilmiştir. Tablo 3 üzerindeki sonuçlara göre popülasyondaki birey sayısı 30 seçildiğinde NoR ve NoD sayısı ve plazma transferinin daha fazla gerçekleşmesinden dolayı tamamlanma sürelerinin arttığı gözlemlenmektedir.

Tablo 3. IPA için bulunan ortalama tamamlanma süreleri ve standart sapmaları

Sen.	PS = 30			
	NoR = 1		NoR = 2	
	NoD = 1	NoD = 2	NoD = 1	NoD = 2
Ort.	1.4167	1.7854	1.6415	2.0413
Std.	0.0195	0.0413	0.0353	0.0299
Sen.	PS = 50			
	NoR = 1		NoR = 2	
	NoD = 1	NoD = 2	NoD = 1	NoD = 2
Ort.	1.1969	1.4352	1.3138	1.5240
Std.	0.0265	0.0161	0.0175	0.0074
Sen.	PS = 100			
	NoR = 1		NoR = 2	
	NoD = 1	NoD = 2	NoD = 1	NoD = 2
Ort.	1.0426	1.1503	1.0774	1.2159
Std.	0.0198	0.0065	0.0228	0.0208

IP algoritması ile birden fazla bilişsel radyonun bulunduğu kanal atama problemi çözülürken IPA'nın işlem adımları amaç doğrultusunda modifiye edilmiştir. Birincil kullanıcılar ve bilişsel radyolar arasındaki ya da bilişsel radyo ve diğer bilişsel radyolar arasındaki çakışmaları engellemek için algoritmanın çalışma prensiplerine uygun bir düzenleme fonksiyonu geliştirilmiştir. Algoritma üzerinde yapılan modifikasyonlar ve düzenleme fonksiyonu diğer meta-sezgisel algoritmalar üzerinde performans azalması yapabileceğinden adil olmayan bir karşılaştırma yapılmasından kaçınılmıştır. IPA ile elde edilen sonuçlar Kaba Kuvvet (BF) algoritması ile dört adet bilişsel radyo için karşılaştırılmıştır. BF için 15000, 150000, 1500000 değerlendirme sayısı ile elde edilen sonuçlar, IPA'da en iyi sonucu veren popülasyon sayısı 30, NoD ve NoR parametrelerinin 1 olduğu senaryo seçilmiştir. Tablo 4'te görüldüğü üzere IP algoritmasında 15000 değerlendirme sayısında elde edilen sonuç, BF ile daha fazla değerlendirme sayısı ile elde edilen sonuçlardan daha iyidir.

Tablo 4. IPA ve BF ile bulunan sonuçların kıyaslanması

Sen.	IPA	BF		
		DS=1.5e+04	DS=1.5e+05	DS=1.5e+06
Ort.	36.4664	43.0000e+00	41.0000e+00	41.0000e+00
Std.	1.6069	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

## 5. Sonuç

Çalışmada bilişsel radyo ağı içerisinde birden fazla lisanssız kullanıcının bulunduğu kanal atama probleminin çözümü için İmmün plazma algoritması amaca uygun bir şekilde modifiye edilmiştir. Lisanslı kullanıcılar veya bilişsel radyo kullanıcıları arasındaki olası frekans çakışmalarını engellemek için bir düzenleme fonksiyonu geliştirilmiştir. Birden fazla lisanssız kullanıcının bulunduğu bir bilişsel ağ modeli için IP algoritmasının modellenerek kullanılabilirliği gösterilmiştir. Farklı popülasyon büyüklükleriyle döner ve alıcı birey sayılarına göre değişen skorlar incelenmiştir. IP algoritmasıyla daha az işlem sayısı ile BF'ye göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

## Kaynakça

- Mitola, J., and Maguire, G. Q., "Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal", IEEE Personal Communications, vol. 6, no. 4, pp. 13-18, 1999.
- Haykin, S., "Cognitive Radio: Brain-empowered Wireless Communications", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 23, no. 2, pp. 201-220, 2005.
- Akyildiz, I.F., Lee, W.Y., Vuran, M.C., and Mohanty, S., "Next Generation/Dynamic Spectrum Access/Cognitive Radio Wireless Networks: A Survey", Computer Networks, vol. 50, no. 13, pp. 2127-2159, 2006.
- Lazos, L., Liu, S., and Krunz, M., "Spectrum Opportunity-based Control Channel Assignment in Cognitive Radio Networks", in 6th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Adhoc Communications and Networks, pp. 1-9, 2009.
- Salameh, H. B. (2010, December). Rate-maximization channel assignment scheme for cognitive radio networks. In 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010 (pp. 1-5). IEEE.
- Bayhan, S., and Alagoz, F., "Scheduling in Centralized Cognitive Radio Networks for Energy Efficiency", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 62, no. 2, pp.

- 582-595, 2012.
- Ahmed, E., Gani, A., Abolfazli, S., Yao, L. J., and Khan, S. U., "Channel Assignment Algorithms in Cognitive Radio Networks: Taxonomy, Open Issues, and Challenges", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 1, pp. 795-823, 2014.
- Tang, F., & Li, J. (2016). Joint rate adaptation, channel assignment and routing to maximize social welfare in multi-hop cognitive radio networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16(4), 2097-2110.
- Gupta, N., and Dhurandher, S. K., "Cross-layer Perspective for Channel Assignment in Cognitive Radio Networks: A Survey", *International Journal of Communication Systems*, vol. 33, no. 5, 2020.
- Akan, O.B., Karli, O.B. and Ergul, O., 2009. Cognitive Radio Sensor Networks. *Netwrk. Mag. of Global Internetwkg.*, 23(4):34-40.
- Dokuz, Y., "Bilişsel Radyo Uygulamaları için En Uygun Frekansın Zamansal ve Mekansal Olarak Yapay Arı Koloni Algoritması ile Belirlenmesi", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-82, 2014.
- Qin, Y., Zhong, X., Yang, Y., Li, L., and Ye, Y., "Combined Channel Assignment and Network Coded Opportunistic Routing in Cognitive Radio Networks", *Computers & Electrical Engineering*, vol. 52, pp. 293-306, 2016.
- Wei, Z. H., and Hu, B. J., "A Fair Multi-channel Assignment Algorithm with Practical Implementation in Distributed Cognitive Radio Networks", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 14255-14267, 2018.
- Demirci, S., and Gözüpek, D., "Switching Cost-Aware Joint Frequency Assignment and Scheduling for Industrial Cognitive Radio Networks", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 7, pp. 4365-4377, 2019.
- Salameh, H. B., Shraideh, S., and Alshamali, A., "Joint Channel Assignment and Adaptive Mode Selection in MIMO-based Cognitive Radio Networks", *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 45, no. 212, pp. 10233-10244, 2020.
- Raju, V. A., Srilatha, P., Anumandla, K. K., Patnaik, S., and Prabu, A. V., "Grasshopper Algorithm based Channel Assignment for Cognitive Radio Networks", *Materials Today: Proceedings*, pp. 1-6, 2020.
- Musa, A., Bany Salameh, H., Abu Sannad, N., Halloush, R., and Darabkh, K., "Spectrum Management with Simultaneous Power-controlled Assignment Decisions in Cognitive Radio Networks", *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 32, no. 21, 2020.
- Latif, S., Akraam, S., Malik, A. J., Abbasi, A. A., Habib, M., and Lim, S., "Improved Channel Allocation Scheme for Cognitive Radio Networks", *Intelligent Automation and Soft Computing*, vol. 27, no. 1, pp. 103-114, 2021.
- Sanka, S. N., Yarram, T. R., Yenumala, K. C., Anumandla, K. K., and Dabbakuti, J. K., "Dragonfly Algorithm based Spectrum Assignment for Cognitive Radio Networks", *Materials Today: Proceedings*, pp. 1-4, 2021.
- Tlouyamma, J., and Velepini, M., "Channel Selection Algorithm Optimized for Improved Performance in Cognitive Radio Networks", *Wireless Personal Communications*, pp. 1-18, 2021.
- Aslan, S., and Demirci, S., "Immune Plasma Algorithm: A Novel Meta-Heuristic for Optimization Problems", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 220227- 220245, 2020.
- Devi, M., Sarma, N., & Deka, SK (2021). Bilişsel Radyo Ağlarında Çok Kazanan Spektrum Tahsisi: Sıralı Teklif Verme ile Tek Taraflı Açık Artırma Teorik Modelleme Yaklaşımı. *Elektronik*, 10 (5), 602.
- Yilmazel, R., & Inanç, N. (2021). A Novel Approach for Channel Allocation In OFDM Based Cognitive Radio Technology. *Wireless Personal Communications*, 1-15.
- Goyal, K. ve Patra, M. (2021). Bilişsel-Radyo Destekli Araçların İnternetinde Dağıtılmış Kanal Atama. Gelen *Intelligent Systems* (s. 217-227). Springer, Singapur.
- Agarwal, S., Vijay, S., & Bagwari, A. (2021). An Enhanced Spectrum Allocation Algorithm for Secondary Users in Cognitive Radio Networks.



# Frequency Analysis of Electromagnetic Waves in Tripartite Photonic Crystals with Adjustable Part Lengths

Ayşe Nihan Basmacı<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Tekirdağ Namik Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Electronics and Automation Department, Tekirdağ, Turkey (ORCID: 0000-0003-3737-3751), [anbasmaci@nku.edu.tr](mailto:anbasmaci@nku.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1019961)

**ATIF/REFERENCE:** Basmacı, A. N. (2021). Frequency Analysis of Electromagnetic Waves in Tripartite Photonic Crystals with Adjustable Part Lengths. *European Journal of Science and Technology*, (29), 311-316.

## Abstract

In this study, electromagnetic wave propagation frequencies are investigated in four different photonic crystal structures, three of which are tripartite and one of which is bipartite. In addition, the effects of part lengths and material property parameters ( $\epsilon$ ,  $\mu$ ) of these structures on electromagnetic wave frequencies are examined. The photonic crystal structures are one-dimensional (1D) and the parts of these structures have different lengths. Differences in the part lengths allow the electromagnetic wave frequencies to be adjusted. The material property parameters of each part of the photonic crystal structures change in the x-axis direction and the default values of these parameters theoretically change from 1 to 2. The values for the first three modes of electromagnetic wave frequencies obtained for four different photonic crystal structures are different from each other. The lowest values of the electromagnetic wave frequencies are obtained for the first photonic crystal structure (S1) with the shortest first and second part lengths.

**Keywords:** Electromagnetic wave, Frequency analysis, Maxwell's equations, Photonic crystals.

## Ayarlanabilir Parça Uzunluklarına Sahip 3-Parçalı Fotonik Kristallerde Elektromanyetik Dalgaların Frekans Analizi

### Öz

Bu çalışmada, üçü 3-parçalı ve biri 2-parçalı olmak üzere dört farklı fotonik kristal yapıda elektromanyetik dalga yayılımı frekansları incelenmektedir. Ayrıca, bu yapıların parça uzunluklarının ve malzeme özelliği parametrelerinin ( $\epsilon$ ,  $\mu$ ) elektromanyetik dalga frekansları üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Fotonik kristal yapılar tek boyutlu (1D) olup bu yapılara ait parçalar farklı uzunluklara sahiptir. Parça uzunluklarındaki farklılıklar elektromanyetik dalga frekanslarının ayarlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Fotonik kristal yapıların her bir parçasının malzeme özelliği parametreleri x-ekseni doğrultusunda ve bu parametrelerin varsayılan değerleri teorik olarak 1'den 2'ye doğru değer alacak biçimde değişmektedir. Dört farklı fotonik kristal yapı için elde edilen elektromanyetik dalga frekanslarının ilk üç moduna ilişkin değerler birbirinden farklıdır. Elektromanyetik dalga frekanslarının en düşük değerleri, en kısa birinci ve ikinci parça uzunluğuna sahip birinci fotonik kristal yapı (S1) için elde edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektromanyetik dalga, Frekans analizi, Maxwell denklemleri, Fotonik kristaller.

\* Corresponding Author: Tekirdağ Namik Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Electronics and Automation Department, Tekirdağ, Turkey, ORCID: 0000-0003-3737-3751, [anbasmaci@nku.edu.tr](mailto:anbasmaci@nku.edu.tr)



## 1. Introduction

Due to the fast technological advances in optoelectronics, optics, and telecommunications, studies on optical structures have gained momentum (Barrientos-Garcia et al., 2016; Li et al., 2016; Han et al., 2021; Kaburcuk and Elsherbeni, 2021). There are many studies in the literature on optical structures, such as metamaterials and photonic crystals (Sung et al., 2011; Alipour-Banaei et al., 2017; Chen et al., 2017; Zhang et al., 2018; Benhaddad et al., 2019; Napolskii et al., 2020; Shi et al., 2020; Singer et al., 2020). Phononic structures affected by sound waves also show structurally similar properties to photonic crystals among optical structures (Lu et al., 2017; Sun et al., 2019; Ayman et al., 2020; Rostami et al., 2020; Trzaskowska et al., 2020; Rostami et al., 2021).

Photonic crystals are formed artificially by arranging layers with different material property parameters ( $\epsilon, \mu$ ) end-to-end or side by side along certain axes (Busch et al., 2007; Ginn and Brener, 2012; Moitra et al., 2014). In order to analyze the behaviors of electromagnetic wave propagation in photonic structures, each layer's electromagnetic wave propagation behavior in the periodic layer group forming the structures should be considered separately. In the literature, there are many studies that theoretically examine the electromagnetic wave propagation behavior occurring in each layer of one-dimensional photonic structures (Delihacioglu, 2014; Kaya and Delihacioglu, 2014; Kang et al., 2018; Hassan et al., 2019; Dukata and Waldemar, 2020), as well as experimental studies in which these structures are manufactured using various production methods (Chung et al., 2010; Askari et al., 2020; Gao et al., 2020; Bi et al., 2021; Wei et al., 2021).

Many studies in the literature guide the solution of the partial differential equation regarding the electromagnetic wave propagation obtained by using Maxwell's equations to determine the behavior of electromagnetic wave propagation in optical structures (Qi et al., 2010; Shramkova and Olkhovskiy, 2011; Khanikaev et al., 2012; Jahani and Jacob, 2016; Lee et al., 2017; Meng et al., 2019; Wang et al., 2019; Basmaci, 2020; Kaburcuk et al., 2020; Sener and Eker, 2020). For instance, in (Basmaci, 2020), wave dispersion relations regarding electromagnetic wave propagation in each layer in photonic waveguides consisting of four different layers, and transmission rates and energies of electromagnetic waves for each layer are examined.

In this study, electromagnetic wave propagation frequencies in four different, one-dimensional (1D) photonic crystal structures, three of which are tripartite and one of which are bipartite, are investigated. Besides, the effects of the photonic crystal structures' part lengths on electromagnetic wave frequencies are examined. The photonic crystals are classified into six different groups according to their parts' material property parameters ( $\epsilon, \mu$ ). In these groups, the default material property parameter value for each part changes from 1 to 2 theoretically. Electromagnetic wave frequencies are obtained by considering tripartite and bipartite photonic crystals as a whole by using Maxwell's equations. Unlike other studies in the literature, this study allows the electromagnetic wave frequencies to be adjusted by adjusting the part lengths of tripartite and bipartite photonic crystal structures.

## 2. Theoretical Analysis

The second-order linear partial differential equation regarding electromagnetic wave propagation in a one-dimensional (1D) photonic crystal is obtained by using Maxwell's equations.

Figure 1 illustrates a one-dimensional homogeneous photonic crystal.



Figure 1. 1D photonic crystal structure

In order to obtain the equation of electromagnetic wave propagation in the photonic crystals, Maxwell's equations are used as in the following forms (Poazar, 2012):

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \quad (1a)$$

$$\nabla \cdot \vec{H} = 0 \quad (1b)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -i\omega\mu\vec{H} \quad (1c)$$

$$\nabla \times \vec{H} = -i\omega\epsilon\vec{E} \quad (1d)$$

where  $\rho$  is the charge density,  $\epsilon$  is the permittivity,  $\mu$  is the permeability,  $E$  is the electrical field,  $H$  is the magnetic field,  $i$  is the imaginary number ( $i: \sqrt{-1}$  and,  $\omega$  is the frequency of the electromagnetic wave.

Using Equation (1c) and Equation (1d), the 1D electromagnetic wave propagation equation is obtained as follows:

$$\frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

where  $H(x,t)$  and  $(\mu\epsilon)$  represent the magnetic field and material property parameter, respectively. The material property parameter ( $\mu\epsilon$ ) can be briefly defined as  $\alpha$ .

In order to solve Equation (2),  $H(x,t) = w(x) e^{-i\omega t}$  transformation is used. Using this transformation, Equation (3) is obtained as follows:

$$\frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} + \mu\epsilon\omega^2 w(x) = 0 \quad (3)$$

where  $w(x)$  represents electromagnetic wave.

Figure 2 depicts a photonic crystal structure consisting of three different optical parts. As can be seen from the figure, both the  $x_1$  and  $x_2$  lengths of the structure and the material property parameters ( $\alpha$ ) of each part can be adjusted. The material property parameter of Part I is defined by  $\alpha$ , and the material property parameters of Part II and Part III are defined by  $(\alpha\beta)$  and  $(\alpha\beta\gamma)$ , respectively. In order to obtain electromagnetic wave (EMW) frequencies for the tripartite photonic crystal structure seen in Figure 2, Equation 3 needs to be solved separately for three different parts of the structure.

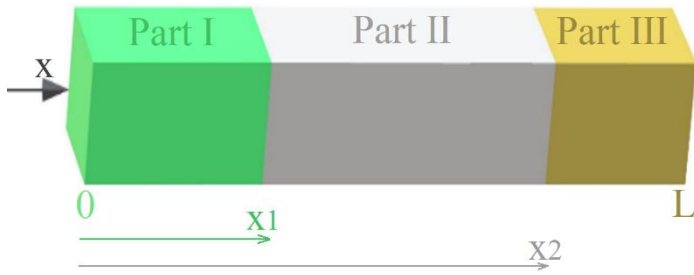


Figure 2. Tripartite, 1D photonic crystal structure

The boundary conditions required to solve Equation 3 are as follows:

$$w = 0, \text{ for } x = 0 \text{ and } x = L \quad (4a)$$

$$w_1(x) = w_2(x) \text{ and } \frac{\partial w_1(x)}{\partial x} = \frac{\partial w_2(x)}{\partial x}, \text{ for } x = x_1 \quad (4b)$$

$$w_2(x) = w_3(x) \text{ and } \frac{\partial w_2(x)}{\partial x} = \frac{\partial w_3(x)}{\partial x}, \text{ for } x = x_2 \quad (4c)$$

where  $w_1(x)$ ,  $w_2(x)$ , and  $w_3(x)$  represent electromagnetic waves belonging to Part I, Part II, and Part III in the photonic crystal structure, respectively. Accordingly, the nontrivial solution obtained when Equation 3 is solved according to the boundary conditions is as follows:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & 0 \\ B_{11} & B_{21} & B_{31} & 0 \\ 0 & C_{21} & C_{31} & C_{41} \\ 0 & D_{21} & D_{31} & D_{41} \end{bmatrix} = 0 \quad (5)$$

where  $A_{11}$  and  $B_{11}$  are the coefficients expressing the left side of Part I;  $A_{21}$ ,  $A_{31}$ ,  $B_{21}$ , and  $B_{31}$  are the coefficients expressing the left side of Part II.  $C_{21}$ ,  $C_{31}$ ,  $D_{21}$ , and  $D_{31}$  are coefficients expressing the left side of Part III, while  $C_{41}$  and  $D_{41}$  are coefficients expressing the right side of Part III. The coefficients can be clearly written as in the following forms:

$$A_{11} = i \sin(\alpha\omega x_1) \quad (6a)$$

$$A_{21} = -i \sin(\alpha\beta\omega x_1) \quad (6b)$$

$$A_{31} = -\cos(\alpha\beta\omega x_1) \quad (6c)$$

$$B_{11} = i \alpha \cos(\alpha\omega x_1) \quad (6d)$$

$$B_{21} = -i \alpha \beta \cos(\alpha\beta\omega x_1) \quad (6e)$$

$$B_{31} = i \alpha \beta \sin(\alpha\beta\omega x_1) \quad (6f)$$

$$C_{21} = i \sin(\alpha\beta\omega x_2) \quad (6g)$$

$$C_{31} = \cos(\alpha\beta\omega x_2) \quad (6h)$$

$$C_{41} = -i \sin(\alpha\beta\gamma\omega x_1) + i \tan(\alpha\beta\gamma\omega L) \cos(\alpha\beta\gamma\omega x_2) \quad (6i)$$

$$D_{21} = i \alpha \beta \cos(\alpha\beta\omega x_2) \quad (6j)$$

$$D_{31} = -\alpha \beta \sin(\alpha\beta\omega x_2) \quad (6k)$$

$$D_{41} = -i \alpha \beta \gamma \cos(\alpha\beta\gamma\omega x_2) - i \alpha \beta \gamma \tan(\alpha\beta\gamma\omega L) \sin(\alpha\beta\gamma\omega x_2) \quad (6l)$$

It should be noted that the coefficients given in Equations (6a-6l) can be adjusted using the part lengths  $x_1$  and  $x_2$  of the photonic crystal structure.

### 3. Results and Discussion

In this study, electromagnetic wave propagation frequencies are investigated in four different photonic crystal structures, three of which are 3-part and one of which is 2-part. These photonic

crystal structures are named based on their  $x_1$  and  $x_2$  lengths. The first structure, named S1 is  $x_1:0.1L$  and  $x_2:0.2L$  length, the second structure, named S2 is  $x_1:0.333L$  and  $x_2:0.333L$  length, the third structure, named S3 is  $x_1:0.8L$  and  $x_2:0.9L$  length, respectively. The fourth structure named S4, consists of two equal-length parts.

These photonic crystal structures will be examined in six different groups defined according to material property parameters. The material property parameters of these six different groups are given in order  $(\alpha, \beta, \gamma)$ . Accordingly, the material property parameters of the first group (Group 1), the second group (Group 2), the third group (Group 3), the fourth group (Group 4), the fifth group (Group 5), and the sixth group (Group 6) are defined as  $(1,1,1)$ ,  $(1,2,1)$ ,  $(1,1,2)$ ,  $(1, 1.5,1.3)$ ,  $(1,1.3,1.5)$  and  $(2,1,1)$ , respectively. The material property parameters of these six groups are also shown in Table 1.

Table 1. The material property parameters of the 1D tripartite photonic crystal for six different groups

Groups	Part I	Part II	Part III
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	1	2
4	1	1.5	2
5	1	1.3	2
6	2	2	2

The electromagnetic wave frequencies of the four photonic crystal structures named S1, S2, S3, and S4, whose material property parameters are given in Table 1, are shown in Figures 3-6.

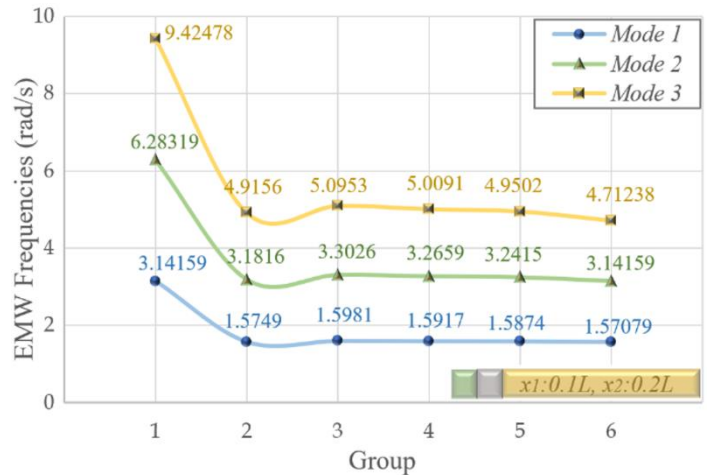


Figure 3. EMW frequencies of S1 for six different groups

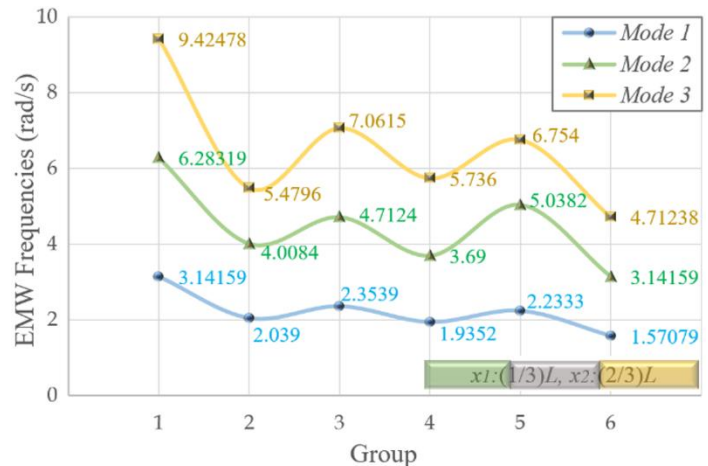


Figure 4. EMW frequencies of S2 for six different groups

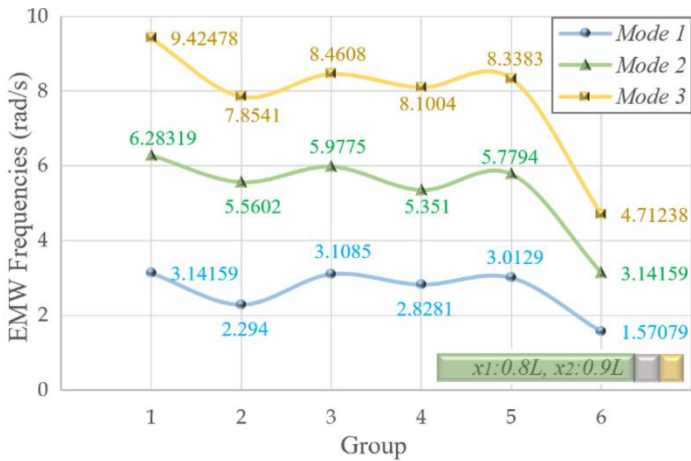


Figure 5. EMW frequencies of S3 for six different groups

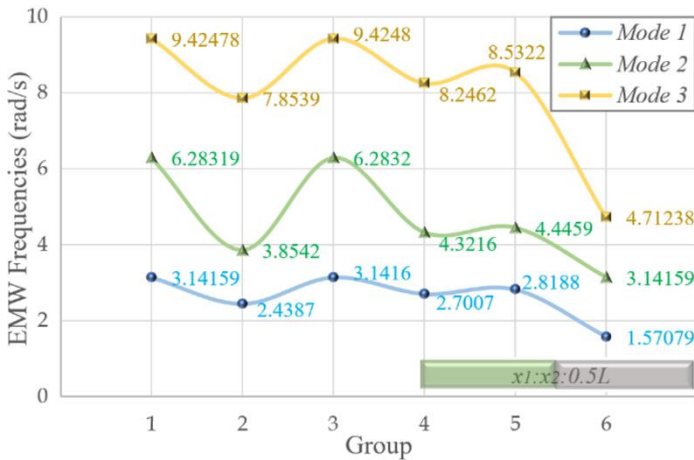


Figure 6. EMW frequencies of S4 for six different groups

It should be noted that the highest frequencies of electromagnetic waves are obtained for the values of material parameters given in Group 1, while the lowest frequencies are obtained for the material parameters' values given in Group 6. In addition, the highest electromagnetic wave frequency values are obtained for the photonic crystal structure named S4 consisting of two equal-length parts, while the lowest electromagnetic wave frequency values are obtained for the photonic crystal structure named S1 whose part lengths are 0.1L and 0.2L, respectively.

#### 4. Conclusion

In this study, electromagnetic wave propagation frequencies are investigated in four different photonic crystal structures, three of which are 3-part and one of which is 2-part. In addition, the effects of part lengths and material property parameters ( $\epsilon$ ,  $\mu$ ) of these structures on electromagnetic wave frequencies are investigated. Unlike other studies in the literature, this study allows tuning of electromagnetic wave frequencies by adjusting the part lengths of tripartite and bipartite photonic crystal structures. The material property parameters of each part of the photonic crystal structures change in the x-axis direction and the default values of these parameters theoretically change from 1 to 2. It should be noted that the highest EMW frequency values are obtained for the photonic crystal structure named S4, which consists of two pieces of equal length, and the lowest EMW frequency values are obtained for the photonic crystal structure named S1 with part lengths of 0.1L and 0.2L. Moreover, the highest frequency values of electromagnetic waves are obtained for the values of material parameters given in Group 1, while the

lowest frequency values are obtained for the material parameters' values given in Group 6.

In future studies, the analysis applied to one-dimensional photonic crystal structures within the scope of this study can also be applied to two-dimensional and three-dimensional photonic crystal structures.

#### References

Alipour-Banaei, H., Serajmohammadi, S. & Mehdizadeh, F. (2017). All optical NAND gate based on nonlinear photonic crystal ring resonators. *Optik*, 130, 1214-1221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.11.190>

Askari, M., Hutchins, D., Thomas, P. J., Astolfi, L., Watson, R. L., Abdi, M., Ricci, M., Laureti, S., Nie, L., Freear, S., Wildman, R., Tuck, C., Clarke, M., Woods, E., & Clare, A. T. (2020). Additive manufacturing of metamaterials: A review, *Additive Manufacturing*, 36, 101562. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2020.101562>

Ayman, A., Prasad S. & Singh V. (2020). Tuning the band structures and electromagnetic density of modes in fused Silica slab by acoustic waves, *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, 204, 164105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.164105>

Barrientos-Garcia, A., Sukhoivanov, I. A., Andre-Lucio, J. A., Hernandez-Garcia, J. C., Ramos-Ortiz, G., Ibarra-Manzano, O. G., & Gurjev, I. V. (2016). Numerical analysis of supercontinuum generation in photonic-crystal fibers with zero dispersion wavelengths in telecommunication windows, *Optik*, 127, 10981-10990. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.08.111>

Basmaci, A. N. (2020). Characteristics of electromagnetic wave propagation in a segmented photonic waveguide, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 22, 452-460.

Benhaddad, M., Kerrour, F., Benabbes O., & Saouli, A. (2019). A new photonic crystal fibre with low nonlinearity, low confinement loss and improved effective mode area, *Ukrainian Journal of Physical Optics*, 20, 47-53. <https://doi.org/10.3116/16091833/20/2/47/2019>

Bi, K., Wang, Q., Xu, J., Chen, L., Lan C., & Lei, M. (2021). All-dielectric metamaterial fabrication techniques, *Advanced Optical Materials*, 9, 2001474. <https://doi.org/10.1002/adom.202001474>

Busch, K., Freymann, G., Linden, S., Mingaleev, S. F., Tkeshelashvili, L. & Wegener, M. (2007). Periodic nanostructures for photonics. *Physics Reports*, 444, 101-202. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2007.02.011>

Chen, X.-D., Zhao, F.-L., Chen, M. & Dong, J.-W. (2017). Valley-contrasting physics in all-dielectric photonic crystals: Orbital angular momentum and topological propagation," *Physical Review B*, 96, 020202(R).

Chung, K. H., Kato, T., Mito, S., Takagi, H., & Inoue, M. (2010). Fabrication and characteristics of one-dimensional magnetophotonic crystals for magneto-optic spatial light phase modulators, *Journal of Applied Physics*, 107, 09A930.

Delihacıoğlu, K. (2014). Chiral frequency selective surfaces comprised of multiple conducting strips per unit cell, *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 8, 621-626. <https://doi.org/10.1049/iet-map.2013.0146>

Dukata, A., & Waldemar, S. (2020). Transmission parameters of an anisotropic layered structure in the waveguide, *SPIE Conference Proceedings*, 11442, 114420A-1 - 114420A-17. <https://doi.org/10.117/12.2565584>



- Gao, T., Sun, H., Hong, Y., & Qing, X. (2020). Hidden corrosion detection using laser ultrasonic guided waves with multi-frequency local wavenumber estimation, *Ultrasonics*, 108, 106182.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultras.2020.106182>
- Ginn, J. C. & Brener, I. (2012). Realizing optical magnetism from dielectric metamaterials, *Physical Review Letters*, 108, 097402.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.097402>
- Han, Y., Fei, H., Lin, H., Zhang, Y., Zhang, M., & Yang, Y. (2021). Design of broadband all-dielectric valley photonic crystals at telecommunication wavelength, *Optics Communications*, 488, 126847.  
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2021.126847>
- Hassan, S., Alnasser, K., Lowell, D., & Lin, Y. (2019). Effects of photonic band structure and unit super-cell size in graded photonic super-crystal on broadband light absorption in silicon, *Photonics*, 6, 50.  
<https://doi.org/10.3390/photonics6020050>
- Jahani, S., & Jacob, Z. (2016). All-dielectric metamaterials, *Nature Nanotechnology*, 11, 23-36.  
<https://doi.org/10.1038/nnano.2015.304>
- Kaburcuk, F., & Elsherbeni, A. Z. (2021). Efficient analysis of a dispersive headmodel due to smart glasses embedded antennas at Wi-Fi and 5G frequencies, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, 36, 159-167.  
<https://doi.org/10.47037/2020aces.j.360207>
- Kaburcuk, F., Elsherbeni, A. Z., Lumnitzer, R., & Tanner, A. (2020). Electromagnetic waves interaction with a human head model for frequencies up to 100 GHz, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, 35, 613-621.
- Kang, Y., Liu, H., & Cao, Q. (2018). Enhanced absorption in heterostructure composed of graphene and a doped photonic crystals, *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, 12, 665-669.
- Kaya, N., & Delihacioglu, K. (2014). Reflection and transmission coefficients from chiral nihility slab, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 16, 859-863.
- Khanikae, A. B., Mousavi, S. H., Wu, C., Dabidian, N., Alici, K. B., & Shvets, G. (2012). Electromagnetically induced polarization conversion, *Optics Communications*, 285, 3423-3427.  
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2012.03.023>
- Lee, D., Nguyen, D. M., & Rho, J. (2017). Acoustic wave science realized by metamaterials, *Nano Convergence*, 4, 1-15.  
<https://doi.org/10.1186/s40580-017-0097-y>
- Li, K., Lim, J. L., Xu, Z., Hu, D. J. J., Wong, R. Y.-N., Shum, P. P., Hao, E. J., Wang, Y., Sun, Q., & Jiang, M. (2016). Investigation of temperature sensitivity under the influence of coupling strength between a silica core and a satellite waveguide in a photonic crystal fiber with selective infiltration of glycerin, *Procedia Engineering*, 140, 72-76.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.1115>
- Lu, J., Qiu, C., Ye, L., Fan, X., Ke, M., Zhang F., & Liu, Z. (2017). Observation of topological valley transport of sound in sonic crystals, *Nature Physics*, 13, 369-375.  
<https://doi.org/10.1038/nphys3999>
- Meng, F., Du, L., Yang, A., & Yuan, X. (2019). Low loss surface electromagnetic waves on a metal-dielectric waveguide working at short wavelength and aqueous environment, *Optics Communications*, 433, 10-13.  
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2018.09.063>
- Moitra, M., Slovick, B. A., Yu, Z. G., Krishnamurthy, S. & Valentine, J. (2014). Experimental demonstration of a broadband all-dielectric metamaterial perfect reflector, *Applied Physics Letters*, 104, 171102.  
<https://doi.org/10.1063/1.4873521>
- Napolskii, K. S., Noyan, A. A., & Kushnir, S. E. (2020). Control of high-order photonic band gaps in one-dimensional anodic alumina photonic crystals, *Optical Materials*, 109, 110317.  
<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2020.110317>
- Pozar, D. M. (2012). *Microwave Engineering 4<sup>th</sup> Edition*, John Wiley & Sons, Inc. Amherst, Massachusetts.
- Qi, L., Yang, Z., Lan, F., Gao, X. & Shi, Z. (2010). Properties of obliquely incident electromagnetic wave in one-dimensional magnetized plasma photonic crystals, *Physics of Plasmas*, 17, 042501.
- Rostami, A., Kaatuzian, H., & Rostami-Dogolsara, B. (2020). Acoustic 1 x 2 demultiplexer based on fluid-fluid phononic crystal ring resonators, *Journal of Molecular Liquids*, 308, 113144.  
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113144>
- Rostami, A., Kaatuzian, H., & Rostami-Dogolsara, B. (2021). Design and analysis of tunable acoustic channel drop filter based on fluid-fluid phononic crystal ring resonators, *Wave Motion*, 101, 102700.  
<https://doi.org/10.1016/j.wavemoti.2020.102700>
- Sener, U. S. & Eker, S. (2020). Microwave non-destructive testing technique for material characterization of concrete structures via electromagnetic waves with FDTD, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, 35, 1390-1391.  
<https://doi.org/10.23919/ACES49320.2020.9196177>
- Shramkova, O. V. & Olkhovskiy, Y.A. (2011). Electromagnetic wave transmission and reflection by a quasi-periodic layered semiconductor structure, *Physica B: Physics of Condensed Matter*, 406, 1415-1419.  
<https://doi.org/10.1016/j.physb.2011.01041>
- Shi, C., Yuan, J., Luo, X., Shi, S., Lu, S., Yuan, P., Xu, W., Chen, Z., & Yu, H. (2020). Transmission characteristics of multi-structure bandgap for lithium niobate integrated photonic crystal and waveguide, *Optics Communications*, 461, 125222.  
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2019.125222>
- Singer, A. M., Heikal, A. M., El-Mikati, H., Obayya, S. S. A. & Hameed, M. F. O. (2020). Ultra-low loss and flat dispersion circular porous core photonic crystal fiber for terahertz waveguiding, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, 35, 709-717.
- Sun, H., Huang, S., Wang, Q., Wang, S. & Zhao, W. (2019). Improvement of unidirectional focusing periodic permanent magnet shear-horizontal wave electromagnetic acoustic transducer by oblique bias magnetic field, *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 290, pp. 36-47, May 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.03.003>
- Sung, S.-Y., Sharma, A., Block, A., Keuhn, K. & Stadler, B. J. H. (2011). Magneto-optical garnet waveguides on semiconductor platforms: Magnetics, mechanics, and photonics, *Journal of Applied Physics*, 109, 07B738.  
<https://doi.org/10.1063/1.3556781>
- Trzaskowska, A., Hakonen, P., Wiesner, M., & Mielcarek, S. (2020). Generation of a mode in phononic crystal based on 1D/2D structures, *Ultrasonics*, 106, 106146.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultras.2020.106146>



Wang, H., Chen, Y. & Huang, C. (2019). The electromagnetic waves propagation characteristics of inhomogeneous dusty plasma, *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, 196, 163148.

<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.163148>

Wei, D., Cao, F., Wu, Z., Liu, Y., Wang, J., Wang, Q., Liu, X. & Zhang, Q. (2021). Enhanced spectral splitting in a novel solar spectrum optical splitter based on one dimensional photonic crystal heterostructure, *Journal of Materiomics*, 7, 648-655.

<https://doi.org/10.1016/j.jmat.2020.10.014>

Zhang, Y., Cao, Z., Lu, G., Zeng, D., Li, M., & Wang, R. (2018). Reconfigurable array designed for directional EM propagation using energy band theory of photonic crystals, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, 33, 1209-1216.



## Sis Hesaplama da Sis Düğümlerinin Rolü ve Mimari Yapısı

Fatih Topaloğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2089-5214), [fatih.topaloglu@ozal.edu.tr](mailto:fatih.topaloglu@ozal.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018653)

**ATIF/REFERENCE:** Topaloğlu, F. (2021). Sis Hesaplama da Sis Düğümlerinin Rolü ve Mimari Yapısı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 317-322.

### Öz

Sis hesaplama, IoT uç cihazlar ve bulut arasındaki katmanda cihaz üstünde gerçekleşen bilişimi ifade eder. Sis bilişimin temelinde sis düğümleri yatar. Sis düğümleri coğrafi olarak dağınık durumda bulunan, zengin kaynaklı, ağın herhangi bir yerine konumlandırılabilir cihazlardır. Sis düğümleri, yönetimi basitleştiren, güç ve alan gereksinimlerini azaltan birleştirilmiş bilgi işlem, ađ ve depolama alanına sahiptir. Bununla birlikte, sis hesaplama hala emekleme aşamasındadır ve hala açık problemler vardır. IoT uygulamalarında ađ geçidi ve uç düğümler, uçta gerçek zamanlı analiz gerektiren işlemlerde, verilerin sıkıştırılması işleminde ve bulut ile iletişimde meydana gelen gecikme için yetersiz kalmaktadır. Makalede, sis hesaplama da sis düğümlerinin rolü ve sis düğüm mimarisine odaklanarak bu problemlerin çözümü için detaylı analizler ve çözüm önerileri ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sis hesaplama, IoT, Sis düğümleri, Sis düğüm mimarisi.

## The Role and Architecture of Fog Nodes in Fog Computing

### Abstract

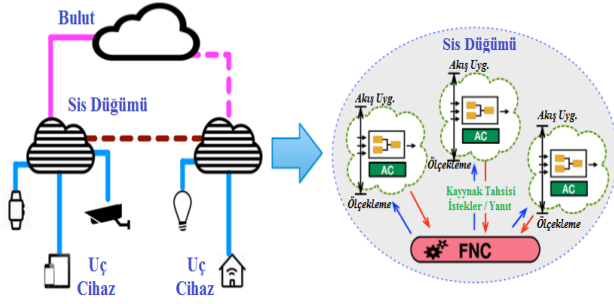
Fog computing refers to on-device computing at the layer between IoT edge devices and the cloud. Fog nodes are the basis of fog computing. Fog nodes are geographically dispersed, resource-rich devices that can be located anywhere in the network. Fog nodes have unified compute, network and storage that simplifies management and reduces power and space requirements. However, fog computing is still in its infancy and there are still open problems. In IoT applications, gateway and edge nodes are insufficient for latency in operations that require real-time analysis at the edge, compression of data, and communication with the cloud. In the article, the role of fog nodes in fog computing and focusing on fog node architecture, detailed analyzes and solution proposals for the solution of these problems are presented.

**Keywords:** Fog computing, IoT, Fog nodes, Fog node architecture.

\* Sorumlu Yazar: [fatih.topaloglu@ozal.edu.tr](mailto:fatih.topaloglu@ozal.edu.tr)

## 1. Giriş

Sis bilişim, bulut ve IoT uç cihazları arasında “sis katmanı” da denilen orta bir katmanda olup cihaz üstünde gerçekleşen işlevi anlatmak için Cisco tarafından ortaya atılan bir terimdir. Sis düğümlerinin ağda üstleneceği görevlerin neler olacağına dair tartışmalar sürmekte olsa da temel olarak IoT cihazlarından gerçek zamanlı veri almak ve gerçek zamanlı analiz gerçekleştirilmesi, sorgulara milisaniye düzeyinde yanıt vermesi, verinin buluta aktarılana kadar geçici olarak depolayabilmesi, veri analizlerinin belirli periyotlarla buluta göndermesi ve ağda dağıtık durumdaki cihazlara buluttan uygulama kurabilmesi beklenmektedir. Sis hesaplamasının veri akışı işleme (Assuncao, Da Silva Veith, & Buyya, 2018), IoT’da gizliliği koruma (Lu, Heung, Lashkari, & Ghorbani, 2017), IoT verilerinin analizini gerçekleştirme (Arkian, Diyanat, & Pourkhalili, 2017), çevrim içi depolama (Lujic, De Maio, & Brandic, 2017) ve diğer bazı işlemleri (Karagiannis et al., 2019) gerçekleştirebildiği görülmüştür.



Şekil 1. Sis bilişim mimarisi

Uç ve bulut bilişim uygulamaları Şekil 1'deki gibi bazen sis düğümü gibi ekstra bir desteğe ihtiyaç duymaktadır. Bulut bilişim, verilerin ağ üzerinden taşınması, düzenlenmesi ve güvenlik protokollerinin uygulanması işlemlerini IoT ağ geçitlerindeki işlem düğümleri kullanarak hesaplamaları dağıtarak, darboğazları önler ve iletişim gecikmesini engeller (Karagiannis, 2019). Uç düğümler, birçok farklı iletişim protokolüne sahip IoT cihazlarından bulut bilişim tarafından kullanılacak veri oluşturmaktadır. Sorun şu ki, ağ geçitleri ve uç düğümler, yüz tanıma sistemi gibi uçta gerçek zamanlı analiz gerektiren IoT uygulamaları için artık yeterli değildir.

Sis düğümü, bu soruna mimari bir yanıttır, bulut ve uç tartışmasında ölçekleri kenar lehine çevirebilen kenar mimarisine bir ektir. Sis düğümü, basit uç düğümlerin mesajlaşma ve yönlendirme işlevlerinin ötesinde, gerçek zamanlı analitik işlemeyi IoT'a getiren fiziksel bir sunucudur. Kaynakların uca bu şekilde genişletilmesi, IoT'yi büyük ölçüde güçlendirir. Bu, IoT ortamını çok daha verimli ve duyarlı hale getirmektedir. Sis düğümleri, ilke olarak, IoT dağıtımını kendi kendine yeterli hale getirebilir.

Çalışmanın geri kalan kısmı aşağıdaki gibi organize edilmiştir. İkinci bölümünde Sis düğümleri ve mimari özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde Ağ biriminin, dördüncü bölümde hızlandırıcı birimin, beşinci bölümde hesaplama biriminin, Altıncı bölümde depolama biriminin sis hesaplamadaki rolü gerçek dünya problemleri göz önüne alınarak analiz edilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Son bölümde çalışma özetlenmiştir.

## 2. Motivasyon

Sensör verisi dağıtımını için ek yazılım bileşenleri, depolama ve analitik, genellikle bulut sağlayıcıları tarafından hizmet olarak sunulur (Gubbi, Buyya, Marusic, Palaniswami, 2013). Ancak bulut bilişim, özellikle gecikme ve gizliliğe duyarlı uygulamalar için bu hizmetleri IoT bağlamında sunmak için her zaman en uygun seçenek değildir (Zhang et al., 2015). Tüm verileri bulut sunucuları aracılığıyla zorlamak yerine muhtemelen uzakta bulunan sis bilişimi, bu hizmetlerden bazılarını ağı kenarına taşımaya önermektedir (Bonomi, Milito, Zhu, & Addepalli, 2012). Sis hesaplama ağında, son kullanıcı taleplerini düşük gecikmeyle karşılamak için sis düğümleri ağ ucuna yerleştirilerek yeni uygulamalara olanak sağlar. Bir sis hesaplama ağına bir düğüm konulmadan önce, aşağıdaki bilgiler göz önünde bulundurulmalıdır:



Şekil 2. Sis düğüm mimarisi

Düğüm güvenliği, sis hesaplamada genel güvenliğin temelidir. Arabirimler ağ, depolama ve hesaplama için koruma seçeneklerini barındırır. Sis düğümü, sis hesaplama işlemlerinde bir ağ geçidi görevi görmesinden dolayı sistemde güvenlik ağ geçidi görevi de görmektedir. Düğüm güvenliği sis düğüm mimarisinde hem dikey hem de yatay bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Düğüm güvenliği, uygulama ve proje geliştirici mühendislerin donanım tasarımından (silikon üretimi, cip tasarımı) yazılım mimarisi tasarımına kadar göz önünde bulundurması gereken önemli bir kavramdır.

Düğüm yönetiminde ise, sis hesaplama işleminde yönetim arabirimlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Yönetim arabirimleri, sis hesaplama hiyerarşisinde yüksek seviyeli yönetim mekanizmalarının en düşük seviyedeki düğümleri görmesini ve kontrol etmesini sağlamaktadır. Birbirinden farklı fiziksel arabirimlerde aynı yönetim tekniği kullanılabilir.

Sis mimarisinde bir düğümün veri depolama yeteneğine sahip olması düğümün otonom bir öğrenme yapabilmesini sağlar. Düğüme eklenen depolama aygıtların sis hesaplama sistemi için gerekli olan güvenlik, performans ve veri bütünlüğünü sağlarken diğer taraftan kendini optimize edebilme ve kimlik tabanlı işlemleri yerine getirebilmelidir. IoT sistemindeki en uç yani en alt seviyedeki cihazlar sensör ve aktüatörlerdir. Sis hesaplama sistemindeki tek bir düğüm hem hesaplama işlemini sağlayan hemde hesaplama sürecine dahil olmayan bir çok cihazla kablolu veya kablosuz bağlantılı olabilmektedir.

Mimarideki soyutlama katmanı, cihaz verilerinin analizinin hesaplama sisteminde kullanılması bu işlevi gerçekleştiren sis düğümlerinin kontrolünü mümkün kılmaktadır. Bu katman hesaplama görevini yapan sis düğümlerini ve IoT cihazlarının çok bileşenli ağ ve servis sunucular için birlikte çalışma imkanını sunmaktadır.

### 3. Ağ Birimi ve Hesaplama Rolü

Ağlar, veri işleminin gerektirdiği ölçeklenebilirlik, kullanılabilirlik ve esneklik özelliklerini sağlamalıdır. Ayrıca, kritik veya gecikmeye duyarlı verileri önceliklendirmek ve veri iletimini garanti etmek için gereken servis kalitesini sağlamalıdır. Sis düğümünün bağlantı ve iletişim gereksinimleri açısından çeşitli ağ unsurları şunlardır:

Kablolu Bağlantı, sis hesaplama mimarisinde bağlantı yapısı ve seçimi düğümün yeri ve görevine göre değişir. Bir fabrika

içinde elde edilen verilerin depolanması ve analizi için kablolu ağ tercih edilirken, daha dağınık sistemlerde araç, insan ve cihaz konumlarını depolamak ve işlemek için kablosuz bağlantı tercih edilmektedir. IoT cihazlarını, aktüatörleri, sensörleri sis düğümüne bağlamanın bir çok standart ve platformu vardır. Sis hesaplama düğümü bir fabrikadaki üretim mekanizmasında, alt katman uygulamaları ve cihazları ile iletişim kurmak için bir kontrolör alan ağı veri yolunu veya diğer fieldbus standartlarını desteklemek için gerekli ve faydalı olabilir.

Kablosuz Bağlantı, özellikle IoT uygulamalarında proje ve uygulama geliştirici mühendisler için önemli bir bağlantıdır. Bir çok standart ve protokolle gelen kablosuz bağlantı sis hesaplama mimarisinde esneklik ve verimlilik sağlamaktadır. Kablosuz bağlantı yapısının kalitesi erişilebilirlik ve kullanılabilirlik, çevresel etmenler, esneklik, mobilize özellik, güç seçenekleri gibi bir çok etmene bağlıdır.

Tablo 1. Sis düğümün gereksinim duyacağı standartlar.

Kablosuz WAN (WWAN)	Kablosuz LAN (WLAN)	Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN)
3G, 4G LTE ve 5G hücreli teknolojiler için yüksek veri aktarım hızları	Yüksek kapasite, yoğunluk ve veri aktarım hızları	Bluetooth: Kısa menzilli iletişim
Sensör veya bulut için hücreli teknolojileri desteklemek	IoT kullanımları için yüksek kapasite, yoğunluk ve hız gereksinimi	Kızılötesi (IR): IR ışık dalgaları üzerinden kablosuz iletişim hattı
Dar Bant IoT (NB-IoT), geniş kapsama alanı ve düşük güç tüketimi	Sis kablosuz ağ için Li-Fi boş alan optik iletişim	ZigBee: Düşük güç tüketimi, kısa menzil ve düşük veri aktarım hızları
LPWAN düşük maliyet ve yüksek güç verimliliği		Z-Wave: Bina ve ev otomasyonunda en çok kullanılan RF sinyali ve kontrolü
		Düşük Hız WPAN, WLAN kullanımı

Kablosuz bağlantı, sis hesaplama düğümüne işleneceği düğüm veya sensörlere verilerin aktarımını sağlar. Hesaplama düğüm yetenekleri arttıkça mimarideki yüksek düzeyde veri aktarımı, analizi ve güvenli iletişim imkanı sunacaktır. Sis hesaplama kablosuz bağlantı sensör ile sis düğümü, sis düğümü ile sis düğümü ve sis düğümü ile bulut için geçerli olacaktır. Tablo 1'de üç alanda gruplandırılan kablosuz bağlantının gerekli olabileceği durumlar gösterilmiştir.

Ağ Yönetimi, uygulamadaki veri kaynaklarının ve cihazlarının sayısı arttıkça, cihazların, düğümlerin ve kaynakların yönetim işlemide dahada önem arz edecektir. Sis düğümlerinin, ağ yönetimi tarafından desteklenebilmesi, cihazların, güvenliğin ve düğümün optimize edilmesine ve ağdaki değişken durumlara adaptasyon sağlamasını kolaylaştıracaktır. Sis hesaplama mimarisindeki cihazları, düğümleri, kaynakları ve ağ cihazlarını yönetmek düğümüne bilgi sağlamak, ilişkisel ağları yönetmek, güvenli çalışmak için kullanılacak protokoller ve platformlar bağlantı seçenekleri ve bellek kaynaklarına göre değişmektedir.

Ağ Güvenliği, Tablo 2'de ağ tabanlı güvenlik tehditleri ve çözümü için en çok kullanılan tekniklerden bazıları sunulmuştur. Sis düğümleri her zaman Tablo 2'de belirtilen bu tür saldırı ve tehditlere karşı koruma sağlayamayabilir. Ancak ağın veya sis mimarisindeki cihazların, kaynakların ve düğümlerin korunmasına katkı sağlayacaktır.

Tablo 2. Ağ tabanlı güvenlik tehditleri

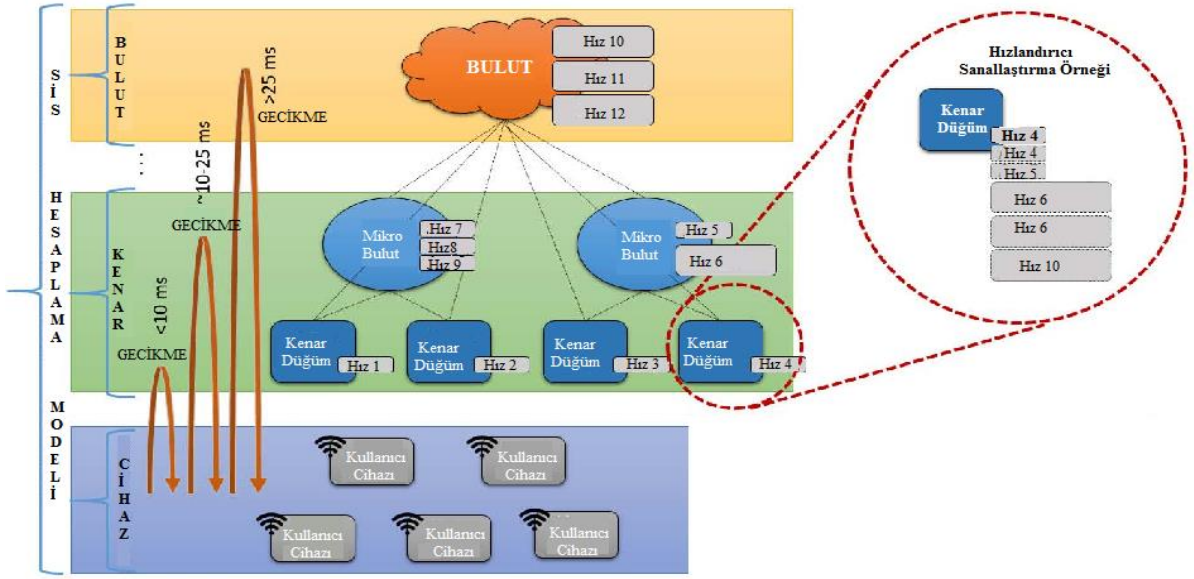
Sis Düğümü için ağ tabanlı güvenlik tehditleri	Sis Düğümünün korunması için ağ aygıtları
Hizmet Reddi saldırıları	Yetkisiz erişimi engellemek için güvenlik duvarları.
İhlal	İzinsiz Giriş Önleme Sistemleri
DNS sahteciliği	Sanal Özel Ağlar kullanarak Güvenli Uzaktan Erişim
ARP kimlik sahtekarlığı veya zehirlenmesi	Davranış tabanlı anomali algılama cihazları veya yazılımı

Ağa bağlı IoT cihazlarını kullanan önemli DoS saldırıları, sis tabanlı ağ güvenliği kullanılarak çok daha hızlı tespit edilebilir ve potansiyel olarak azaltılabilir.

### 4. Hızlandırıcı Birimi ve Hesaplama Rolü

Sis hesaplama, gelişmiş analiz yapan sis düğümleri sunucu ve kurumsal işlemci yongalarına ilaveten mevcutta kullanılan işlemcilere ek işlemci verimliliği gerektirir. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla ek hesaplama işlem hacmi sağlamak için hızlandırıcı modülleri işlemci modülleri ile birlikte yapılandırılması gerekmektedir.





Şekil 3. Hızlandırıcıları kullanan çok katmanlı bir sis hesaplama modeli

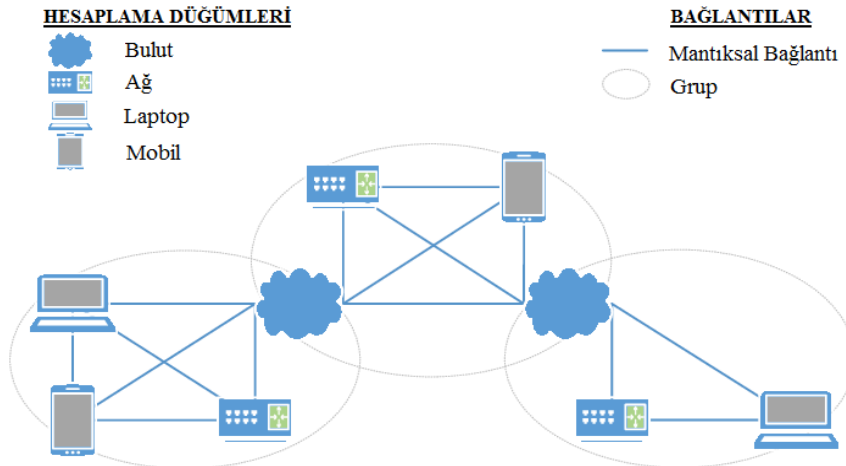
Tablo 3'de sis düğümlerinde hesaplama işlemlerinde kullanılan bazı hızlandırıcı modül örnekleri verilmiştir.

Tablo 3. Hızlandırıcı modül örnekleri

Hızlandırıcı Modüller	Hesaplama Etkileri
Grafik İşlem Birimi	Uygulamalar için önemli bir güç desteği ve yerden tasarruf sağlayabilirler
Programlanabilir Kapı Dizileri	Sorunları verimli bir şekilde çözmek için özel mantık tasarımlarıyla yapılandırılabilirler. Konumlarına göre diğer hızlandırıcılarla karşılaştırıldığında daha az güç ve daha düşük düzeyde bilgi gerektirebilir
DSP İşlemciler	Genel amaçlıdır, bazıları video sıkıştırma ve manipülasyon gibi özel işlevler için tasarlanmıştır.

## 5. Hesaplama Birimi ve Sis Hesaplama Rolü

Sis hesaplama işlemi, sis düğümleri için ağda İot uygulamalarının geliştirilmesini sis bilgi işlem yazılımlarını veya diğer araçları kullanarak gerçekleştirir. Ağın ucunda bulunan düğümler uç cihazlardan elde edilen verileri analiz için en uygun konuma aktarır. Yöneticiler hangi verilerin zamana en duyarlı olduğunu sis ve bulut hesaplama ağlarını birbirine bağlarken değerlendireceklerdir. Zamana duyarlı veriler, hesaplama düğümlerinden oluşan sis ağının içinde elde edildikleri yere en yakın yerde analiz edilmelidir. Daha sonra analiz edilmek üzere daha uzun süre bekleyebilecek veriler bir toplama düğümlerine iletilir. Sis hesaplama birimi, her bir veri türünün, veri türüne ve kullanıcının acil ihtiyaçlarına bağlı olarak, hangi sis düğümünün analiz için ideal konum olduğunu belirlediği birimdir.



Şekil 4. Hesaplama düğümlerinden oluşan sis ağı

Hesaplama fonksiyonu sis düğümleri için birçok gereksinimi içerir. Bazı sis düğümü tasarımlarında, güvenin donanım kökü işlemci kompleksinin içinde bulunur ve kodun doğrulanması yalnızca işlemci imzayı doğruladıktan sonra gerçekleşir. Her işlemciyi ilişkili hızlandırıcılara, depolamaya ve ağ çevre birimlerine bağlamak için yüksek performanslı I/O alt sistemleri gereklidir. Geniş sanal bellek alanını yönetmek, platformu uygulama alanından yalıtılmak ve uygulamaları çok kiracılı ortamlarda birbirinden yalıtılmak için siste bellek yönetim birimleri gerekebilir. Bazı çok kiracılı kurulumlar, tüm çekirdekleri en kritik uygulamalarının her birine ayıracaktır.

## 6. Depolama Birimi ve Hesaplama Rolü

Sis hesaplamada yer alan sis düğümlerinde birçok depolama türü vardır. Sis hesaplama, verileri mimarideki hiyerarşi boyunca toplayıp işlerken bulut teknolojisinde yalnızca veri merkezlerinde görülen veri depolama katmanlarının, sis hesaplamada düğümlerde olduğu görülmektedir. Sis düğümlerinde bulunan veri depolama katmanı verilerin güvenli bir yerde tutarken aynı zamanda da kolay erişim imkanı sağlamaktadır. Ayrıca depolama uygulamaları donanım arızası veya dosya bozulması gibi durumlar için önemli bir çözüm kaynağıdır.

Verinin kendisinin ve gerçek zamanlı analizinin bu kadar önemli olduğu süreçte verinin depolanması ve istek halinde hızlıca geri döndürülmesi ve ulaşılabilir hale getirilmesi uygulamalarda oluşacak maddi ve manevi kayıpların önüne geçecektir. Sonuç olarak, depolama cihazlarının sistemin maliyet, performansı, güvenilirlik ve veri bütünlüğü gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir. Tablo 4'de Sis düğüm depolama gereksinimleri için gerekli olan bazı depolama teknolojileri gösterilmiştir.

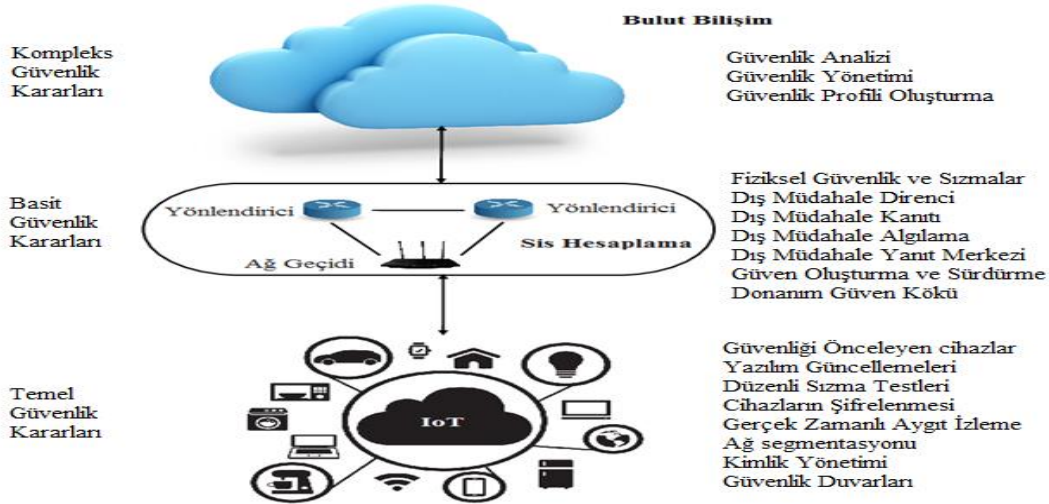
Tablo 4. Sis düğümü için depolama türleri

Depolama türleri	Sis düğümü için gereksinimi
RAM Dizileri	Kalıcı depolama alanına erişirken ilave gecikmeye karşı sensörlerde elde edilen veriler üzerinde gerçek zamanlı işlemlerde kullanılabilir.
Yarıiletken Sürücüler	Flash tabanlı olup depolama güvenilirliği, düşük güç gereksinimleri ve çevresel sağlamlığı nedeniyle kullanılır.
Sabit Diskler	Büyük boyutlu veri ve düşük maliyetli depolama için, sis düğümleri RAID dizileri olarak düzenlenmiş dönen diskler içerebilir.

Sis hesaplamadaki depolama cihazları, şifreleme, anahtar yönetimi ve kimlik doğrulanması özelliklerini barındırmalıdır. Sanallaştırılmış sis hesaplama ortamlarında depolama cihazı, belirli uygulamalara veya sanal makinelere, ayarlanabilir depolama kaynakları sağlayarak kimlik tabanlı performans tahsisini desteklemelidir. Beklemede olan veri şifrelemesini desteklemek, çoğu sis mimaride, veri merkezinde görülen fiziksel koruma mekanizmasının artık doğru olmadığı alanlarda kullanılma imkanı sağlamaktadır.

## 4. Sonuç

Sis düğümünün ihtiyaçlarını doğru bir şekilde tanımlamak için sis uygulamasının bir güvenlik analizinin ve tehdit değerlendirmesinin yapılması gerekir. Bu sağlandıktan sonra, uygun fiziksel güvenlik önlemlerini, güveni tesis etmek ve sürdürmek için en uygun yöntemi ve sis düğümünün güvenli bir şekilde yönetilmesi ve yanıt vermesi için ne tür politikaların uygulanacağı belirlenir.



Şekil.5. Sis Düğümü Güvenlik Önerileri

IoT teknolojisinin gelişerek tüm iş alanlarına yayılması, yüksek hızlı veri işlemeyi, gerçek zamanlı ve büyük veri analizini ve daha kısa yanıt sürelerini bir norm haline getirmektedir. Bu gereksinimleri bulut tabanlı model yöntemiyle karşılamak artık zorlaşırken, mimari olarak ağır herhangi bir yerine konumlandırılabilir sis düğümleri olan sis bilişim modelinin dağıtık mimarisi bilgi işleme ve

uygulama hizmetlerini ağına uçlarına kadar yaklaştırarak daha hızlı yanıt süreleri alınabilmesini sağlamaktadır. Yapılan çalışma sis düğümlerinin mimari yapısına odaklanarak yüksek hız, gerçek zamanlı veri analizi ve kısa yanıt süresi gibi sayılan problemlerin çözümü için sis hesaplamasının önemi ve çözüm önerilerini ortaya koymuştur.

## Kaynakça

- Arkian, H.R., Diyanat, A., & Pourkhalili, A. (2017). Mist: Fog-based data analytics scheme with cost-efficient resource provisioning for IoT crowdsensing applications. *Journal of Network and Computer Applications*, 82, 152–165. doi: 10.1016/j.jnca.2017.01.012
- Assuncao, de M.D., Da Silva Veith, A., & Buyya, R. (2018). Distributed data stream processing and edge computing: A survey on resource elasticity and future directions. *Journal of Network and Computer Applications*, 103, 1–17. doi: 10.1016/j.jnca.2017.12.001
- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., & Addepalli, S. (2012). Fog computing and its role in the internet of things. in *Proceedings of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing, ser. MCC '12. New York, NY, USA: ACM*, 13–16. doi: 10.1145/2342509.2342513
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. doi: 10.1016/j.future.2013.01.010
- Karagiannis, V. (2019). Compute node communication in the fog: Survey and research challenges. in *Workshop on Fog Computing and the IoT (IoT-Fog)*, 1–5. doi: 10.1145/3313150.3313224
- Karagiannis, V., Venito, A., Coelho, R., Borkowski, M., and G. Fohler, G. (2019). Edge computing with peer to peer interactions: Use cases and impact. in *Workshop on Fog Computing and the IoT (IoT-Fog)*, 1–5. doi: 10.1145/3313150.3313226
- Lu, R., Heung, K., Lashkari, A.H., & Ghorbani, A.A. (2017). A lightweight privacy-preserving data aggregation scheme for fog computing-enhanced IoT. *IEEE Access*, 5, 3302–3312. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2677520
- Lujic, I., De Maio, V., and I. Brandic, I. (2017). Efficient edge storage management based on near real-time forecasts. in *International Conference on Fog and Edge Computing (ICFEC)*, 21–30. doi:10.1109/icfec.2017.9
- Zhang, B., Mor, N., Kolb, J., Chan, D.S., Lutz, K., Allman, E., Wawrzynek, J., Lee, E., & Kubiawicz, J. (2015). The cloud is not enough: Saving IoT from the cloud. in *7th USENIX Workshop on Hot Topics in Cloud Computing (HotCloud '15). Santa Clara, CA: USENIX Association*, Jul.2015.



# Development of a Millimeter Wave Eight-Element Phased Array Antenna for 5G Mobile Communications

Sinan Aksimsek<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Biruni University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Topkapi Campus, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-0807-3824), [saksimsek@biruni.edu.tr](mailto:saksimsek@biruni.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018030)

**ATIF/REFERENCE:** Aksimsek, S. (2021). Development of a Millimeter Wave Eight-Element Phased Array Antenna for 5G Mobile Communications. *European Journal of Science and Technology*, (29), 323-326.

## Abstract

The fifth generation (5G) mobile communications systems demand millimeter wave (mmWave) bands of the electromagnetic spectrum beside the current sub-6 GHz frequencies. Allocation of mmWave frequencies for the cellular systems will ensure more capacity and higher speed links. For the last few years wireless communications societies in industry and academia have put significant research effort to develop novel and efficient antenna architectures. We need brand-new antenna structures that can overcome the challenges of 5G communications environment such as high propagation loss of mmWaves and the large bandwidth demand of the planned networks. In this paper, a microstrip mmWave antenna array for 5G mobile phone terminals is introduced. First, the single antenna element with the rectangular patch radiator is investigated. The numerical investigation is carried out with a full-wave electromagnetic solver. The single antenna design operates between 27.1 GHz – 28.95 GHz frequencies. The proposed antenna based on microstrip approach shows low profile characteristics without compromising performance. A maximum gain of ~7.7 dBi is achieved within the operation band. Then eight-element phased array implementation of the proposed antenna is analyzed. Uniformly spaced linear array method is used with  $\sim\lambda/2$  spacing in the configuration. The eight-element array boosts the maximum total gain value up to ~ 15 dBi, and yields beam steering at broadside up to  $\pm 50^\circ$  with low side lobe levels (SLL). Furthermore, the proposed phased array design is compact with the dimensions of 10 mm×48.6 mm×0.51 mm, and therefore it is compatible with the mmWave band radio frequency integrated circuit (RFIC) transceivers.

**Keywords:** Phased Array, Millimeter-Wave Antenna, Fifth Generation, 5G.

## 5G Mobil Haberleşme için Milimetre Dalga Sekiz Elemanlı Faz Dizisi Anten Geliştirilmesi

### Öz

Beşinci nesil (5G) mobil iletişim sistemleri, mevcut 6 GHz altı frekans bölgesinin yanı sıra spektrumun milimetre dalga (mmDalga) bantlarını da talep ediyor. Hüresel sistemlere mmDalga frekanslarının tahsisi, daha fazla kapasite ve daha hızlı bağlantılar sağlayacaktır. Son birkaç yıldır endüstri ve akademideki kablosuz iletişim toplulukları, yeni ve verimli anten mimarileri geliştirmek için önemli bir araştırma çabası içine girdiler. Yüksek mmDalga yayılma kaybı ve planlanan ağların büyük band genişliği talebi gibi 5G iletişim ortamının zorluklarının üstesinden gelebilecek yepyeni anten yapılarına ihtiyacımız olduğu açık. Bu çalışmada, 5G cep telefonu terminalleri için bir mikroşerit mmDalga anten dizisi geliştirilmiştir. İlk olarak, dikdörtgen yama yapıdaki tek anten elemanı incelenmiştir. Benzetim çalışmaları tam dalga elektromanyetik çözücü ile gerçekleştirilmiştir. Tek anten tasarımı 27.1 GHz – 28.95 GHz frekansları arasında çalışmaktadır. Mikroşerit yaklaşım ile geliştirilen önerilen anten, performanstan ödün vermeden düşük boyut profil özelliği göstermektedir. Anten, haberleşme bandında maksimum ~7.7 dBi kazanç elde etmektedir. Daha sonra, önerilen antenin 8 elemanlı faz dizisi uygulaması analiz edilmiştir. Tasarımda  $\sim\lambda/2$  boşluk bırakılarak düzgün aralıklı lineer dizi yöntemi kullanılmaktadır. Sekiz elemanlı dizi, maksimum toplam kazancı ~ 15 dBi'ye kadar artırmakta, düşük yan lob seviyeleri (YLS) ile  $\pm 50^\circ$ 'ye kadar huzme yönlendirme sağlamaktadır. Ayrıca, önerilen faz dizi tasarımı, 10 mm×48.6 mm×0.51 mm boyutlarında, kompakt ve bu nedenle mmDalga band radyo frekansı entegre devre (RFIC) alıcı-vericileri ile uyumludur.

**Anahtar Kelimeler:** Faz Dizisi, Milimetre Dalga Anten, Beşinci Nesil, 5G.

\* Corresponding Author: [saksimsek@biruni.edu.tr](mailto:saksimsek@biruni.edu.tr)



## 1. Introduction

Millimeter wave (mmWave) antennas have garnered significant attention to meet the requirements of the fifth generation (5G) communication systems. The origin of 5G is based on the increasing demand of people for fast and higher capacity wireless communications. mmWave bands above 24 GHz promise huge signal bandwidth to overcome the expected high-data transmission capacity up to the theoretical peak speed 10 Gbps at fast mobile communication environment (IMT Vision, 2015). mmWave 5G New Radio (NR) pushes the boundaries of different bands in the spectrum. In 2016 the 28 GHz band was allocated as licensed by the Federal Communications Commission (FCC) for 5G mobile radio services (FCC Report, 2016). 37-39 GHz and 64-71 GHz frequencies are other allocated bands.

Multiple-input multiple-output (MIMO) technology is fundamental to the fourth generation (4G) long term evaluation (LTE) cellular networks. Almost all mobile 4G/LTE devices carry multi-antenna configurations to utilize the superiorities of MIMO, and this approach is now being adapted in the next generation 5G networks (Boccardi et al, 2014; Lota et al, 2017). Various mmWave antenna architectures have been proposed in the last few years (Lota et al, 2017; Ozpinar&Aksimsek, 2021). Park et al. proposed a 28 GHz band antenna posing a tilted radiation pattern on an elevation plane (Park et al, 2016). Better isolation between resonator antennas enabling more efficient 5G MIMO performance was reported by Zhang et al (2019). Lima de Paula et al proposed air filled SIW 1x4 antenna array operating between 24.25-29.5 GHz bands based on dual layer printed circuit board (PCB) technology (2021). The array implementation of mmWave antennas is the major technique to maximize the gain and counter the path loss in mmWave propagation (Fakharzadeh et al, 2010; Lota et al, 2017). In particular, various array antennas capable of beamforming have been developed to provide full-spherical coverage for the future mobile handsets (Yang et al, 2016; Yu et al, 2018; Ozpinar et al, 2020). Beamforming, i.e., multibeam systems, have already been used in the current wireless communications systems. To achieve multiple beams with high quality 5G coverage zone, the phased arrays are adopted.

In this article, mmWave eight-element phased array antenna for 5G mobile phones is numerically investigated. The top layer of the single element antenna consists of a rectangular patch and tapered fed line. Eight-element phased array antenna is excited with Dolph-Chebyshev coefficients to suppress the side lobe levels in radiation pattern. The proposed array poses the horizontal beamforming capability up to  $\pm 50^\circ$  with a maximum gain of 14.8 dBi. The proposed design is compact with the surface area of  $10 \times 48.6 \text{ mm}^2$ . The simulation outcomes prove that the presented eight-element phased array can be used in the future 5G mobile handsets.

## 2. Antenna Design and Parameters

The future 5G mobile phone terminals need low profile antennas without compromising performance. In this work, the microstrip approach is selected for high gain and compact phased array design. Fig. 1 shows the structure of the proposed antenna with the antenna parameters. The proposed design consists of the radiating rectangular patch and microstrip fed line. The bottom layer is fully grounded with copper. The

proposed antenna is compatible with PCB fabrication. The antenna element is designed on Rogers RT5880 substrate with the dielectric constant of  $\epsilon_r = 2.2$ , and loss tangent of  $\tan\delta = 0.0009$ . The height of the dielectric layer is 0.51 mm. The overall dimension is  $10 \times 10 \text{ mm}^2$ .

The optimized dimensions of the proposed antenna are as follows: The total width  $W_s$  and length  $L_s$  10 mm. The width of the fed line  $X_1$  is 1.47 mm. The interconnection distance  $X_2$  is 0.5 mm. The width of the rectangular patch  $X_3$  is 5.33 mm. The length of the patch  $Y_2$  is 3.13 mm. The distance between the patch and the fed point  $Y_1$  is 4.15 mm.  $t = 0.035 \text{ mm}$ , and  $h = 0.51 \text{ mm}$ .  $t$  and  $h$  represent the thickness of the metal and dielectric layer, respectively.

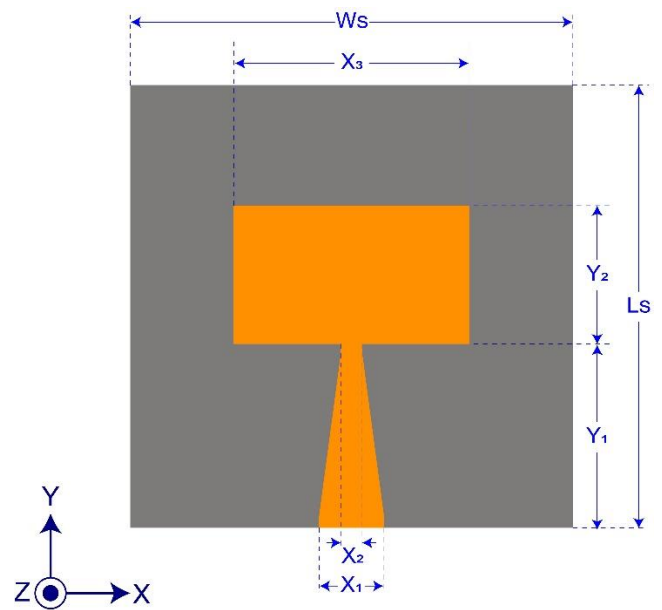
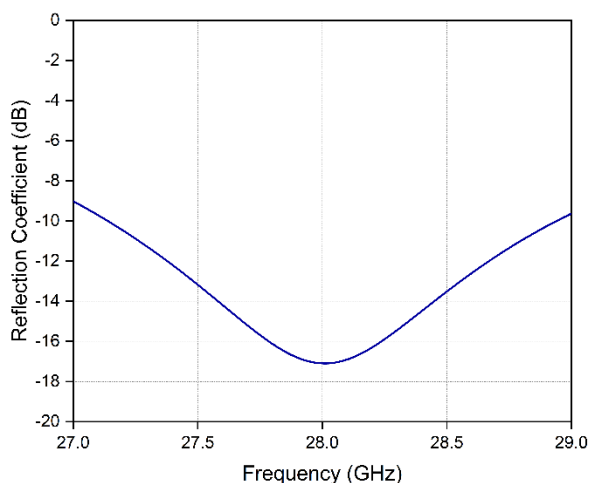


Figure 1. The geometry of mmWave antenna: Top view

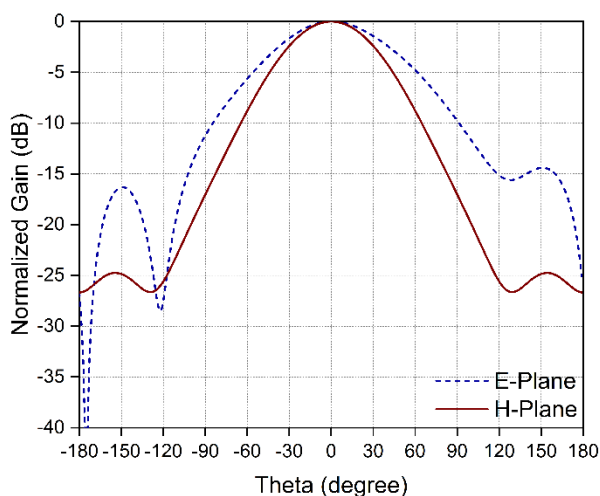
## 3. Results

### 3.1. mmWave Single Element Antenna

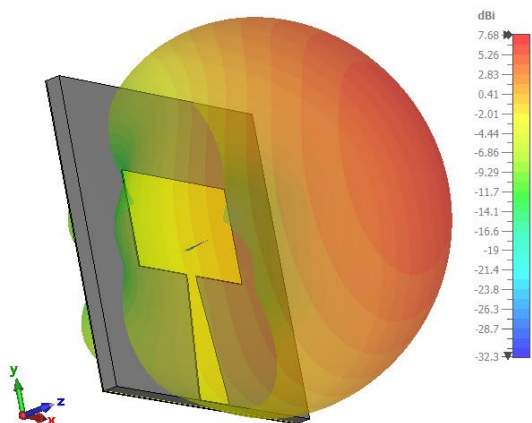
This section investigates the radiation skills of the single element antenna at 28 GHz band of 5G spectrum.



(a)



(b)



(c)

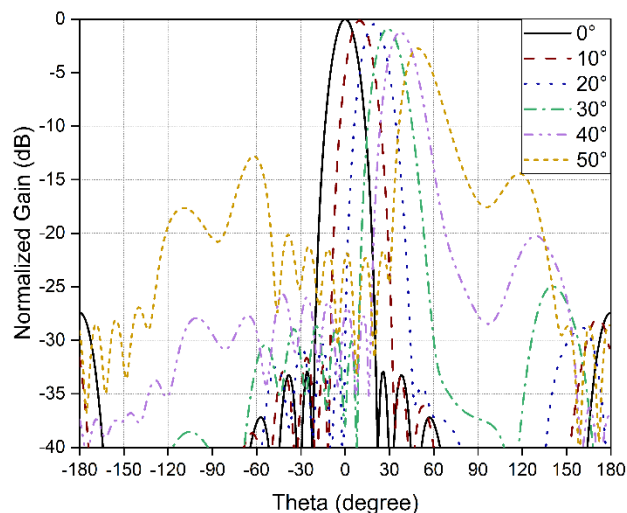
Figure 2. (a) Reflection coefficient of the mmWave antenna. (b) Normalized gain pattern in E- and H-planes. (c) 3D radiation pattern.

The simulations are carried out using three dimensional full-wave electromagnetic solver CST Microwave Studio 2021. Fig. 2(a) shows the reflection coefficient (S11) characteristics of the antenna. The center frequency is 28 GHz. The proposed antenna provides  $-10$  dB bandwidth of 1.85 GHz between 27.1 GHz – 28.95 GHz (1:1.06 BW). S11 shows its deep around  $-17.1$  dB. Fig.2(b) plots the co-polarized far-field gain patterns of the single element antenna in E- and H-planes at 28 GHz. As shown

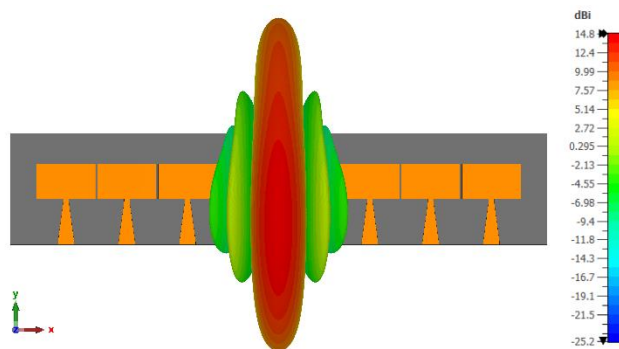
in Fig.2(b), the antenna radiates in the broadside direction with the low side lobe levels below  $-14.4$  dB and  $-24.7$  dB for E- and H-plane, respectively. Fig.3(b) illustrates the 3D radiation pattern of the antenna. As shown in Fig.3(b)  $\sim 7.7$  dBi maximum gain is achieved.

### 3.2. 8-Element Phased Array Antenna

Smartphones will be used in 5G mobile communications need highly skilled antenna architectures that can steer the beam in high performance in order to achieve the required coverage. Eight-element phased array is designed to verify the beamforming capability of the proposed antenna for typical 5G mobile devices. The overall dimension of the array is  $10 \text{ mm} \times 48.6 \text{ mm} \times 0.51 \text{ mm}$ . The spacing distance between each element is  $\sim \lambda/2$  at the center frequency.



(a)



(b)

Figure 3. (a) Simulated normalized 2-D E-plane gain patterns of the 8-element linear array in different scanning angles at 28 GHz. (b) 3D radiation pattern for  $0^\circ$ .

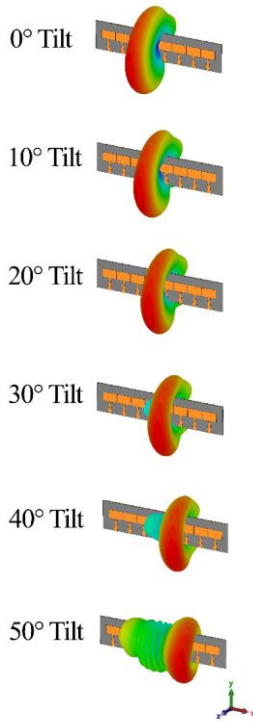


Figure 4. 3D tilted radiation pattern up to 50° at 28 GHz.

Dolph-Chebyshev coefficients are used to excite the array (Yu et al, 2018). The used coefficients are 0.2622, 0.5187, 0.812 and 1 for the first 4 antenna elements from the left edge to the center of the antenna, respectively. Fig.3(a) compares the simulated normalized E-plane gain patterns of the 8-element linear array in different scanning angles from 0° to 50° with 10° step at the operation frequency of 28 GHz. As shown in Fig.3(a), the normalized gain reduces to -3dB level when the beam angle exceeds  $\mp 50^\circ$ . Furthermore, 8-element linear array limits the side lobe levels around -15dB. Fig.3(b) shows the 3D radiation pattern of the 8-element phased array at 28 GHz with a 0 degree phase difference between the ports. Fig.4 illustrates the 3D radiation pattern in different beam scanning angle up to 50°. The 8-element array gain varies between 11.4-14.8 dBi with the scanning angle. Table 1 summarizes the maximum gain of the array in different scanning angles. As shown in Table 1, the maximum gain of the proposed array decreases with the scanning angle.

Table 1. Maximum gain of the array in different scanning angles.

Scanning Angle	Maximum Gain (dBi)
0°	14.8
10°	13.6
20°	13.2
30°	12.8
40°	12.5
50°	11.4

#### 4. Conclusion

A mmWave eight-element phased array antenna is successfully presented in this paper. The proposed array poses good radiation skills such as beam steering coverage up to 50°  
*e-ISSN: 2148-2683*

with a maximum gain of 14.9 dBi. The proposed array is compact, and can be easily integrated to the mmWave RFIC transceivers. Furthermore, the single element antenna indicates -10 dB bandwidth of 27.1 GHz – 28.95 GHz frequencies. The presented outcomes prove that the single element antenna can be adopted, and used in various array configurations for 5G mobile communication systems.

#### References

IMT Vision’S Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond, document Rec. ITU-R M.2083-0, ITUR. (2015). Geneva, Switzerland, Sep.

Further Notice of Proposed Rulemaking, FCC 16-89. (2015). Washington, DC, USA, Jul.

Boccardi, F., Heath, R. W., Lozano A., Marzetta, T. L. and Popovski, P. (2014). Five disruptive technology directions for 5G. *IEEE Communications Magazine*, 52(2), 74-80.

Lota, J, Sun, S., Rappaort, T. S. and Demosthenous A. (2017). 5G Uniform Linear Arrays With Beamforming and Spatial Multiplexing at 28, 37, 64, and 71 GHz for Outdoor Urban Communication: A Two-Level Approach. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(11), 9972-9985.

Ozpinar, H. and Aksimsek, S. (2021). Design of 24-28 GHz band 5G Antenna Based on Symmetrically Located Circular Gaps. *European Journal of Science and Technology, Special Issue*, pp. 408-413.

Park, J., Ko, J., Kwon, H., Kang, B., Park B., and Kim, D. (2016). A Tilted Combined Beam Antenna for 5G Communications Using a 28-GHz Band. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 15, 1685-1688.

Zhang, Y., Deng, J., Li, M., Sun, D., and Guo, L. (2019). A MIMO Dielectric Resonator Antenna With Improved Isolation for 5G mm-Wave Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 18(4), 747-751.

Lima de Paula, I., Lemey S., Bosman, D., Brande, Q., Caytan, O., Lambrecht, J., Cauwe, M., Torfs, G. and Rogier, H. (2021). Cost-Effective High-Performance Air-Filled SIW Antenna Array for the Global 5G 26 GHz and 28 GHz Bands. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 20(2), 194-198.

Fakharzadeh, M., Nezhad-Ahmadi, M. R., Biglarbegian, B., AhmadiShokouh, J. and Safavi-Naeini, S. (2010). CMOS phased array transceiver technology for 60 GHz wireless applications. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 58(4), 1093-1104.

Yang, Q., Ban, Y., Kang, K., Sim, C., and Wu, G. (2016). SIW Multibeam Array for 5G Mobile Devices. *IEEE Access*, 4, 2788-2796.

Yu, B., Yang, K., Sim, C., and Yang, G. (2018). A novel 28 GHz beam steering array for 5G mobile device with metallic casing application. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 66(1), 462-466.

Ozpinar, H., Aksimsek, S., and Tokan, N. T. (2020). A Novel Compact, Broadband, High Gain Millimeter-Wave Antenna for 5G Beam Steering Applications. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(3), 2389-2397.



# COVID-19 PCR Testi Veri Analizinde CAtenA Smart PCR Bioinformatik Programının Sunduğu Ön Değerlendirme Sonuçlarının Uzman Sonuçları ile Uyumunun Araştırılması

Ayşe Rüveyda Uğur<sup>1\*</sup>, Abdulkadir Taşdelen<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Konya Şehir Hastanesi, Tbbi Mikrobiyoloji, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9622-6404), [ayserugur@gmail.com](mailto:ayserugur@gmail.com)

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi, TOBB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4402-1463), [abdulkadirtasdelen@karabuk.edu.tr](mailto:abdulkadirtasdelen@karabuk.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1024190)

**ATIF/REFERENCE:** Uğur, A.R. & Taşdelen, A. (2021). COVID-19 PCR Testi Veri Analizinde CAtenA Smart PCR Bioinformatik Programının Sunduğu Ön Değerlendirme Sonuçlarının Uzman Sonuçları ile Uyumunun Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 327-330.

## Öz

**Amaç:** Dünya Sağlık Örgütü tarafından COVID-19 için standart tanı yöntemi olarak bildirilen yöntemler arasında en yaygın kullanılanı, SARS-CoV-2 real time polimeraz zincir reaksiyonu (polymerase chain reaction, PCR) testidir. Yöntem uygulandıktan sonra, PCR veri dosyalarının uzman hekim tarafından analiz edilerek sonuçların web tabanlı Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne aktarılması gerekmektedir. Bu testlerin hızlı şekilde sonuçlandırılması ve sisteme hatasız olarak aktarılması COVID-19 tanı, tedavi ve takibi için oldukça önemli bir basamaktır. CAtenA Smart PCR programı, PCR veri dosyalarını yapay zeka ile değerlendirerek uzman onayına sunan ve onaylanmış sonuçları Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne aktarabilen web tabanlı yerli bir biyoinformatik programdır. Bu çalışmanın amacı, CAtenA Smart PCR programı tarafından gerçekleştirilen ön değerlendirme sonuçlarının uzman hekim analiz sonuçları ile uyumunun araştırılmasıdır.

**Materyal-Metot:** Bu amaçla, Meram Devlet Hastanesi COVID-19 PCR Laboratuvarı'nda real time PCR cihazında (Bio-Rad CFX96 Touch, Singapore) çalışılmış 846 PCR testi, yapay zeka kullanan biyoinformatik programı CAtenA Smart PCR'ın (Ventura, Ankara, Türkiye) sunduğu ön değerlendirme ve uzman analiz sonuçları açısından istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

**Bulgular ve Sonuç:** CAtenA Smart PCR programının verdiği negatif ön değerlendirme sonuçlarının uzman analizi ile %100, pozitif sonuçların ise %97.7 uyum sağladığı belirlenmiştir. CAtenA'nın PCR tekrarı önerdiği 84 test sonucunun %96.4'ü uzman analizi tarafından negatif; %3.6'sı pozitif olarak sonuçlandırılmıştır. Yapılan McNemar-Bowker istatistik analizine göre yapay zeka tabanlı CAtenA ile uzman analizi arasında anlamlı bir fark belirlenmiştir ( $\chi^2 = 84,2$ ;  $p = 0,0001$ ). Sonuç olarak, uzman analizi olmadan yapılacak test onaylarında düşük de olsa hatalı pozitif sonuç onaylama riski olduğu, test tekrarlarının ise ek maliyete ve zaman kaybına neden olacağı düşünülmüştür. CAtenA'da kullanılan PCR analizinin özellikle test tekrarları konusunda iyileştirilmesi gerektiği önerisi getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19, SARS-CoV-2, PCR, CAtenA, yapay zekâ, uzman analizi.

## Assessment of the Compatibility of the Preliminary Analysis Results of the CAtenA Smart PCR Bioinformatics Program with the Expert Results in COVID-19 PCR Test Data Analysis

### Abstract

**Objective:** SARS-CoV-2 real time polymerase chain reaction (PCR) assay, one of the procedures reported by the World Health Organization as the standard diagnostic method for COVID-19, is the most extensively used method in diagnostic laboratories. When the assay is accomplished, the PCR data file is analyzed by a specialist. Thereafter, the approved results are submitted into the web-based Laboratory Information Management System. Fast analysis of the PCR data and precise submission of the results to the laboratory management system are critical for the diagnosis, treatment, and monitoring of COVID-19 patients. CAtenA Smart PCR is a web-based bioinformatics tool that uses artificial intelligence to analyze PCR data files and offer results for expert approval. Then it transmits the approved results to the Laboratory Information Management System. The aim of this study is to investigate the compatibility of the preliminary results derived from the CAtenA Smart PCR program with the expert results.

\* Sorumlu Yazar: Konya Şehir Hastanesi, Tbbi Mikrobiyoloji, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9622-6404, [ayserugur@gmail.com](mailto:ayserugur@gmail.com)



**Material and Methods:** Overall 846 PCR data, performed in the COVID-19 PCR Laboratory at Meram State Hospital, were analyzed by the CAtenA Smart PCR (Ventura, Ankara, Turkey) and by an expert specialist. The results were assessed statistically in terms of the preliminary evaluation and expert analysis.

**Results and Conclusion:** The CAtenA Smart PCR program's negative preliminary results were found to be 100% compatible with the expert analysis, as were 97.7% of the positive results. The expert analysis concluded that 96.4% of the 84 test results for which CAtenA indicated re-run were negative, whereas 3.6% were positive. There was a significant difference between the artificial intelligence-based CAtenA Smart PCR program and the expert analysis using the McNemar-Bowker statistical analysis ( $\chi^2 = 84.2$ ;  $p = 0.0001$ ). In conclusion, without expert analysis, we propose that there could be false positive test results. Also, test repetitions would increase the cost and result in additional turnaround time. We suggest that the PCR analysis performed by CAtenA should be enhanced, particularly in terms of test re-runs.

**Keywords:** COVID-19, SARS-CoV-2, PCR, CAtenA, artificial intelligence, expert analysis.

## 1. Giriş

Çin'in Wuhan şehrinde, 2019 yılının Aralık ayında ilk kez ortaya çıkan SARS-CoV-2 virüsünün neden olduğu COVID-19 enfeksiyonu, dünya genelinde 4 ve 5. dalgalarla etkisini sürdürmeye devam eden sıradışı bir pandemiye neden olmuştur (Liu et al., 2020). Dünya Sağlık Örgütü tarafından COVID-19 standart tanısının nükleik asit çoğaltma yöntemi ile konulabileceği bildirilmiştir (WHO, 2020). Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanı, SARS-CoV-2 real time polimeraz zincir reaksiyonu (polymerase chain reaction, PCR) testidir (Sule & Oluwayelu., 2020). Yöntem uygulandıktan sonra, PCR veri dosyalarının uzman hekim tarafından analiz edilerek sonuçların web tabanlı Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne aktarılması gerekmektedir. Pandemi ile beraber açılan COVID-19 PCR tanı laboratuvarlarında test hizmetleri 7/24 gerçekleştirilmekte ve yoğun bir iş akışı devam etmektedir. Bu testlerin hızlı şekilde sonuçlandırılması ve hatasız olarak sisteme aktarılması COVID-19 tanı, tedavi ve takibi için oldukça önemli bir basamaktır (Sreepadmanabh et al, 2021). Machine learning, deep learning gibi yapay zeka içerikli programlar, klinik laboratuvarlarda işlenen karmaşık ve büyük veri setlerinin analiz edilmesine olanak sağlayarak sağlık sisteminin gelişmesine katkıda bulunmaktadır (Tasdelen & Sen, 2021; Peiffer-Smadja et al., 2020). Özellikle görüntü analizine dayalı Gram boyama, gaita mikroskopisi değerlendiren ve dijital bakteri kültürlerinin plaklardan okuyan uygulamalar başarıyla kullanılmaktadır (Rhoads et al., 2015).

Son zamanlarda yapay zeka Mikrobiyoloji laboratuvarlarında görüntü analizi dışındaki çeşitli veri kaynakları ve uygulamalarda yerini almaya başlamıştır (Smith et al., 2020; Asada et al., 2021). Matrix-assisted laser desorption-ionization/time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF) kütle spektrometri ve tüm gen analizi verilerinin yapay zeka yardımıyla işlenmesi Mikrobiyoloji alanında yeni bir çığır açmıştır (van Oosten & Klein, 2020). CAtenA Smart PCR (Ventura, Ankara, Türkiye), PCR veri dosyalarını yapay zeka ile değerlendirerek uzman onayına sunan ve onaylanmış sonuçları Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne aktarabilen web tabanlı biyoinformatik bir programdır (Ventura, 2020). Bu anlamda CAtenA, uzman hekime testlerin hızlı sonuçlandırılmasında yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, CAtenA Smart PCR programı tarafından gerçekleştirilen ön değerlendirme sonuçlarının uzman hekim analiz sonuçlarına uyumunun araştırılmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. PCR Testlerinin Analizi

Meram Devlet Hastanesi COVID-19 PCR Laboratuvarı'nda 1 Ekim 2021-1 Kasım 2021 tarihlerinde çalışılmış her biri 94 hasta örneği ve iki adet iç kalite kontrol örneği içeren dokuz PCR çalışması CAtenA (Ventura, Ankara, Türkiye) yapay zeka sistemine online olarak yüklendi. Bir Tıbbi Viroloji uzmanı program üzerinden PCR verilerini analiz etti. Programın ön değerlendirme sonuçları ve uzman sonuçları elektronik ortama kaydedildi. İç kalite kontrol olan negatif ve pozitif kontroller değerlendirme dışı tutuldu. Böylece 846 PCR test sonucu çalışmaya dahil edildi.

Araştırmanın yapılabilmesi için Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik onay alınmıştır (Karar no: 2021/3510 (7806)).

#### 2.1.1. İstatistiksel Analiz

Sonuçlar SPSS 22 programı kullanılarak McNemar-Bowker istatistik testi ile analiz edildi.  $P < 0.5$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi (Tablo 2).

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Bulgular

CAtenA'nın verdiği negatif ön değerlendirme sonuçlarının uzman analizi ile %100, pozitif sonuçların ise %97.7 uyum sağladığı belirlenmiştir. CAtenA'nın PCR tekrarı önerdiği 84 test sonucunun %96.4'ü uzman analizi tarafından negatif, %3.6'sı pozitif olarak sonuçlandırılmıştır. CAtenA'nın test tekrarı önerisinde bulunduğu örneklerin uzman analizi ile %0 uyum sağladığı tespit edilmiştir. Tüm testler göz önünde tutulduğunda CAtenA'nın uzman analizi ile %90.1 uyumlu olduğu belirlendi (Tablo 1.). Yapılan McNemar-Bowker istatistik analizine (Tablo 2) göre yapay zeka tabanlı CAtenA ile uzman analizi arasında anlamlı bir fark belirlenmiştir ( $\chi^2 = 84.2$ ;  $p = 0,0001$ ).

Tablo 1. CAtenA smart PCR programı ve uzman analizi ile yapılan PCR test sonuçlarının karşılaştırılması.

Sonuç			Uzman analizi		Test tekrarı	Toplam
			Negatif	Pozitif		
CAtenA Negatif	Sayı		541	0	0	541
	Uyum (%)		%100,0	%0,0	%0,0	%100,0
Pozitif	Sayı		3	216	2	221
	Uyum (%)		%1,4	%97,7	%0,9	%100,0
Test Tekrarı	Sayı		81	3	0	84
	Uyum (%)		%96,4	%3,6	%0,0	%100,0
Toplam	Sayı		625	219	2	846
	Uyum (%)		%73,9	%25,9	%0,2	%100,0

Tablo 2. PCR test sonuçlarının CAtenA Smart PCR programı ile uzman analizi arasındaki istatistiksel analizi.

	Value	df	Aseptomatik fark (2-terafli)
McNemar-Bowker Test	84,200	3	0,000
Geçerli test sayısı	846		

### 3.2. Tartışma

Laboratuvarımızda çalıştığımız 846 PCR test verisini analiz ettiğimizde CAtenA ve uzman değerlendirmesi arasındaki uyumun %90.1 olduğu belirlenmiştir. Test sonuçları negatif, pozitif ve test tekrarı olarak gruplandırıldığında ise negatif sonuçlar arasında %100 ve pozitif sonuçlar arasında %97.7 uyum gözlemlenirken, yapay zekanın test tekrarı önerisinde bulunduğu PCR testlerinin tamamı uzman tarafından negatif veya pozitif olarak sonuçlandırıldığı için analizler arasında %0 oranında uyum bulunmuştur. CAtenA programı, Türkiye, Özbekistan ve İtalya'da konumlanan çeşitli COVID-19 tam laboratuvarlarında çalışılmış 4 milyonun üzerinde PCR test sonucu deneme amaçlı değerlendirilerek kullanıma sunulmuştur (Ventura, 2020). Üretici firma tarafından gerçekleştirilen ön çalışma sonuçlarına göre, CAtenA ön değerlendirme sonuçlarının uzman analizi ile %97,96 oranında uyumlu olduğu bildirilmiştir (Ventura, 2020). Bu çalışmada yer alan karşılaştırma sonuçlarından yola çıkarak elde ettiğimiz uyum oranı, firma tarafından belirlenen uyum oranından daha düşük bulunmuştur.

Pandemi nedeniyle artan iş yükü, COVID-19 PCR laboratuvarlarında test sonuçlarının hızlı bir şekilde değerlendirilerek sonuç sistemine aktarılması konusunda aksamalara neden olabilmektedir. Bu nedenle geliştirilen CAtenA Smart PCR programı, kullanıcıya hızlı ve doğru sonuç konusunda yardımcı olabilecek bir programdır. Uzman hekim tarafından sonuçlandırılan testlerin, yapay zeka ile analiz edilerek uzman hekimin tercihlerine göre sonuç önerileri sunabilmesi büyük bir avantajdır. Diğer yandan, programın kullanıma sunulmasından yaklaşık bir sene sonra gerçekleştirdiğimiz karşılaştırma bulguları göz önüne alındığında, CAtenA'nın test tekrarı önerisi konusunda geliştirilmeye ihtiyacı olduğu görülmektedir. Ayrıca, bulgularımıza göre program, düşük oranda da olsa yanlış pozitif sonuç önerisinde bulunabilmektedir. Yanlış pozitif sonuçlar gereksiz tedavi, karantina ve temaslı takibi, dolayısıyla gereksiz ekonomik maliyet ve iş gücü kaybı gibi negatif etkilere neden olmaktadır. Dolayısıyla yapay zekanın, pozitif sonuç önerileri konusunda de geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. PCR testleri sonuçlandırılırken en kötü senaryo, yanlış negatif sonuç vermektir. Yanlış negatif sonuçlar, tedavi alması gereken hastanın uygun şekilde tedavi almaması, asemptomatik pozitif bireylerin

toplum içinde bulaştırıcılıklarının devam etmesi gibi önemli sorunlara neden olabilmektedir. Çalışmamızda CAtenA ile değerlendirilen test önerileri arasında yanlış negatif sonucun bulunmaması programın güvenilirliğini artırmaktadır. Bulgularımızın tamamı değerlendirildiğinde, COVID-19 PCR test sonuçlarının bioinformatik program kullanılarak onaylanmadan önce mutlaka uzman hekim kontrolünden geçmesi gerektiği gösterilmiştir.

CAtenA programının sunduğu avantajlardan bir diğeri, test sonuçlarının hatasız olarak Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne aktarılabilmesi ve bu konudaki post analitik hataların önüne geçilebilmesidir. Test sonuçlarının Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne manuel olarak yüklenmesi hasta bazlı veya toplu onay seçenekleri ile olabilmektedir. Test yükü fazla olan merkezler toplu onay seçeneğini kullanmayı tercih etmektedirler. Manuel veri girişlerinde herhangi bir hataya mahal vermemek için son derece dikkatli olmak ve her aşamada verilerin doğruluğu konusunda kontrol sağlamak gerekmektedir. Çalışma listelerinde yer alan barkodlama yöntemi ile CAtenA smart PCR programı herhangi bir manuel girişe gerek kalmadan hasta sonuçlarının doğrudan Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi'ne aktarılmasına olanak vermektedir.

PCR veri analizi belli kurallarla yapılmasına rağmen, sonuçlar, mikrobiyoloji uzmanının kullanılan kit, sarf, cihaz tecrübesi ve çalışma kalitesi ile de yakından ilgilidir (Kuang et al., 2018). Bu nedenle CAtenA smart PCR programını kullanan çok sayıda mikrobiyoloji uzmanı aynı çalışmayı farklı değerlendirebilmektedir. Örneğin düşük pozitif olduğu düşünülen bir örnek tekrar çalışılabilir. Çalışmamızda az sayıda uzman tarafından değerlendirilme yapılmış olması, araştırmamızın kısıtlılıklarından birisidir. Diğer bir kısıtlılığımız ise çalışmamızın kısa bir zaman diliminde tamamlanmış olmasıdır. Zaman içerisinde yapay zeka önerilerinin uzman tercihinin göre değişip değişmediği ve önerilerde iyileşmenin olup olmadığı tarafımızdan değerlendirilememiş, CAtenA Smart PCR veri analizinde yalnızca anlık bir fotoğraf çekilebilmiştir. Daha çok uzman tarafından daha fazla PCR veri analizinin karşılaştırılması daha kesin sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.





# Manufacturing-Production Systems and Their Importance: Evaluation of Flexible Manufacturing Systems (FMS)

Ayşenur Erdil<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> İstanbul Medeniyet University, Department of Business Administration, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-6413-7482), runesyalidre@gmail.com

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1024198)

**ATIF/REFERENCE:** Erdil, A. (2021). Manufacturing-Production Systems and Their Importance: Evaluation of Flexible Manufacturing Systems (FMS), *European Journal of Science and Technology*, (29), 331-342.

## Abstract

Flexible manufacturing systems (FMS), transitional or absolute customer to encounter the various requirements and preferences, helping to protect organizations which in the circumstances of competitive environment in each other exactly known always to created, are constructed as a structure that could really keep producing various products and services with minor modifications. Computers are used to help manufacturing lines. This research provides the literature review of manufacturing-production systems, categorisation of manufacturing techniques, advanced manufacturing technologies, manufacturing process modeling, modeling definitions, and database organizational structures, data regulations and procurement for Flexible Manufacturing Systems-Techniques, and eventually the research conclusion and recommendation. Mostly with significant developments in the manufacturing sector, the database idea has become an essential and fundamental element of every type of production system. Its most fundamental tasks are the preservation and accessibility of services required to regulate industrial operations. This study also utilizes SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) evaluation to explore the appropriateness of manufacturing techniques, FMS in industrial manufacturing automated processes. The highlighted elements indicate manufacturing systems' considerable potential to address advanced manufacturing modernization challenges.

**Keywords:** Flexible Manufacturing Systems, Manufacturing-Production, Manufacturing systems, SWOT Analysis

## İmalat-Üretim Sistemleri ve Önemi: Esnek İmalat Sistemlerinin (EİS-EÜS) Değerlendirilmesi

### Öz

Esnek üretim sistemleri (EİS), ara veya nihai tüketicinin farklı talep ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek, rekabet koşullarında kendilerini koruyan işletmelerde şimdiye kadar yapılmış, yapılacak küçük değişikliklerle farklı mal ve hizmetler üretebilecek bir sistem olarak tasarlanmaktadır. Üretim hatları bilgisayar desteklidir. Bu araştırma, imalat sistemleri, imalat tekniklerinin sınıflandırılması, ileri imalat teknolojileri, imalat süreci modellemesi, modelleme tanımları ve veri tabanı organizasyon yapıları, Esnek İmalat Teknikleri için veri düzenlemeleri ve tedariki ile ilgili literatür taraması ve nihayetinde araştırma sonucu ve tavsiyesi sunmaktadır. İmalat sektöründeki önemli gelişmelerle birlikte, veri tabanı fikri her tür üretim sisteminin vazgeçilmez ve temel bir unsuru haline geldi. En temel görevleri, endüstriyel operasyonları düzenlemek için gerekli hizmetlerin korunması ve erişilebilir olmasıdır. Bu çalışma aynı zamanda endüstriyel üretim otomatik süreçlerinde üretim tekniklerinin ve Esnek Üretim sistemlerinin (EÜS) uygunluğunu araştırmak için bir SWOT-GZFT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) değerlendirmesinden yararlanmaktadır. Vurgulanan unsurlar, üretim sistemlerinin ileri üretim modernizasyon zorluklarını ele alma potansiyelini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Esnek İmalat Sistemleri, İmalat-Üretim, İmalat Sistemleri, SWOT-GZFT Analizi.

\* Corresponding Author: İstanbul Medeniyet University, Department of Business Administration, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-6413-7482), runesyalidre@gmail.com



## 1. Introduction

As earlier as 1815, an idealistic socialist used the expression "manufacturing system" to describe to a "factory system." In 1961, the manufacturing process was envisioned as the synchronization of manufacturing science and engineering into a succession of development, computing, control system, equipment, and fabricating operations. Manufacturing technologies are classified as mass, batch, or jobbing manufacturing. Aside from Manufacturing Systems-MS, Manufacturing Technology Structures (Machine Cell, Manufacturing Cell, Flexible Manufacturing Systems- FMS, Flexible Transfer Lines -FTL, and Flexible Assembly Lines-FLA), Manufacturing System Modelling, and Data Structures would be investigated in this study (Hitomi, 1996; Merchant, 1961).

The phrase manufacturing could apply to the movement and reaction-based manufacture of polymers, nylon yarn, garments, and compounds. procedure. Researchers are intrigued in that aspect of the whole production process, as well as the goods. Trying to cast or forming, as well as rolling or drawing sheets or panel, would often be used to make the materials. For the completed goods to be produced, a number of processes must be performed on the constituents. These processes can include a wide variety of trying to form and processing procedures, such as cleaning and inspection. When the components are ready, they are frequently combined into subassemblies until being integrated together. As stated recently, the actual definition of manufacturing was to produce items by means. Nevertheless, the current definition is far broader: manufacturing refers to 'the translation of a design into a finished product,' whilst 'production' refers to the practical process of creating the thing. Manufacturing was defined by CIRP - International Conference on Production Research in 1983 as a number of connected functions and processes associated with the design, selection of components, making plans, manufacturing, process improvement, evaluation, and industry research of manufacturing industries' products (Merchant, 1961; Young and Mayer, 1984; Merchant, 1983, Merchant, 2000).

Manufacturing includes the three key features listed orderly. (i) Delivering fundamental necessities for mortal survival. A human being cannot live without the manufacturing process or manufacturing of products, and this is becoming largely relevant in contemporary society. (ii) The accumulation of collective resources. Manufacturing generates a government's or nation's earnings. When a region's manufacturing base is depleted, it becomes poor and desperate. (iii) Initiatives to enhances community satisfaction and global peace. A economically successful and productive continent could provide its individuals with protection, social assistance, and satisfaction (Hitomi, 1994; Hitomi, 1996). This research is associated with manufacturing systems for product lines with multiple individual components. Generating the involved parties necessitates a number of activities that are performed on the ingredients. Furthermore, the study will focus on how the concepts and mathematical analysis expressed could be implemented broadly.

## 2. Material and Method

### 2.1. Categorization of Manufacturing Technologies - Systems

The production-manufacturing systems used to produce the goods are typically divided into three categories. There are three types of production systems: mass production, batch production, and jobbing production and also in addition continuous production. The definition of these are as below (Buzacott, 1983; Browne et al., 1990; Bowden and Browne, 1991; Types of production, 2021).

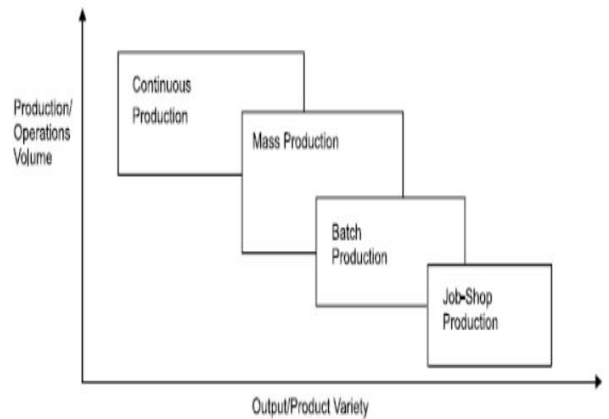


Figure 1. Relationship between classification, Production System Categories - Types of Production Systems (Types of production, <https://theintactone.com/2019/06/16/pom-ul-topic-2-types-of-production-systems/>)

An organization's production system is indeed the component that generates the company's processes. It is the operation in which facilities moving inside a structured framework are integrated and converted in a controllable environment to generate profit in accordance with management's regulations. Here is a simplification production process. The following components are shared by the manufacturing systems (Types of production, 2021; Groover, 2015; Bowden and Browne, 1991):

- i. Because manufacturing is an integrative process, every production system seems to have a goal.
- ii. The process converts the output signals into appropriate capacitance.
- iii. It it does not even not operate autonomously of the other organizational systems.
- iv. There is comments about the events, which is critical for controlling and improving performance of the system.

Manufacturing systems are classified as Job Shop, Batch, Mass, or Continuous Production systems (Buzacott, 1983; Browne et al., 1990; Bowden and Browne, 1991; Groover, 2015; Types of production, 2021).

#### 2.1.1. Large-Scale Production-Mass Production

Mass manufacturing is a type of manufacturing wherein goods are constantly generated by special-purpose machines. When machines really aren't expected to perform anything at all, they could be specialized, and significant sophistication and expenditures could be invested in their development and installation to maintain they function properly. The attributes of

mass production included "fixed mechanisation." The automation is unchangeable, and the machines are regarded to as "committed" to their successful result. Simple products could be mass-produced on a single machine, although most complicated components necessitate an interconnected number of actions. This technique of connecting sequential operational activities and manufacturing is commonly referred to as flow production. Even though product lines of mass production are clearly visible on everyones roadways and in todays households, the number of business are not required in these large amounts and are generated in batches. Depending on the number constituent amount required, specialized tooling, lighting, and grounding straps might well be shown on the machines. The significantly larger the quantity, the more specialized the equipment (Browne et al., 1990; Bowden and Browne, 1991; Qiao et al., 2006; Groover, 2015; Types of production, 2021).

### **2.1.2. Batch Production**

When the necessary product quantities are insufficient to allow uninterrupted manufacturing of one product on specialized machinery, batch production is used. More specific machines that can be reconfigured to manufacture a variety of different components in varying batch numbers must be utilized. Improvements have been accomplished in the technology of the machines and the equipment they utilize, as well as in the manufacturing operation. These advancements have been developed to address some of the major issues associated with batch manufacturing. In batch manufacturing, each machine is typically assigned one operator. If the operator departs the machine for whatever purpose, this should halt and the machine's utilization would suffer as a result. Machines must be reconfigured between batches in batch manufacturing. The evolution of batch manufacturing could be tracked in the same way that the evolution of a system could be with mass production. Phases in its early development are much more related to the creation of the various types of machine tools which are seen in the industrial business these days (Hitomi, 1996; Groover , 2015; Hannam and Talavage, 2020).

The use of group technology (GT), the use of coordinate measuring equipment, and the implementation of advanced processing workstations to batch production issues. Because components go along machine to machine and subsequently exit the cell, group technology may be defined as a method of converting batch manufacturing to a type of flow-line production. Though components are still produced in groups, the decreased set-up time and processing times imply that it is frequently sufficient to decrease batch sizes, resulting in much more manufacturing technologies. Most GT machine operations use manual part/batch processing together within cellular and depend on machine closeness to make decisions (Hannam and Talavage, 2020).

### **2.1.3. Job-Jobbing Production**

Many products and materials are really only needed in tiny amounts, and "jobbing techniques" create them. For small lot sizes manufacturing, specialized manufacturing, fixings, and pressure transducers are typically not warranted, and commercially available machines and equipment are utilized in conjunction with manual processes. Job production focuses on creating a single product from conception to finish. When one product is finished, another might be started. It's indeed extremely specialized and labor consuming. Depending on the scale of the

business, a particular item could be manufactured using approaches from all three categories. Products that are made using jobbing techniques are considerably more expensive than those made by mass manufacturing processes, but they serve the demands of a more specialized and restricted top of the business where buyers can afford to cover higher costs. It is related to high goods, custom requests, and one-of-a-kind things. Clothing produced to order is one instance of job production. Job manufacturing is typically complex and expensive, and highly qualified labor is frequently necessary. Building ships, bridges, and structures are instances, as are manufactured handicrafts such as furniture and produced clothing. Job production, in which products are manufactured one at a time and each one is completed before the next one is begun (Groover , 2015; Methods of production, 2021; Simplicable, 2021; What is job production process; 2021).

## **2.2. Advanced Manufacturing Systems**

Automation Manufacturing has raised the overall quality of life by lowering product costs. Although, employment has indeed been created; unfortunately, the nature of the work has changed, and the transformation in automation involves industrial and social ramifications. Manufacturing breakthroughs result in development, affecting all parts of life from the factory floor to the workplace and home. In the workplace, automated production systems work on the physical product. They carry out processes such as manufacturing, assembling, verification, and handling of materials, and in many instances carry out several processes in the same platform. They are considered autonomous because they conduct their activities with less human interference than the comparable manual procedure. There is almost no individual participation in certain extremely automation systems(Groover , 2015; Merchant, 2000). Flexible Manufacturing Systems (FMS) is the most advanced form of integrated manufacturing process. FMS has been extended to several innovative and effective manufacturing techniques that were created at the time in the late 1960s and early 1970s. Manufacturing systems are flexibility if they can process a variety of different workpiece material concurrently and automatically, with the machines in the system accepting and carrying out the procedures on the workpiece surface in any arrangement. FMS are complicated, and it is simpler to explain them than it is to describe them. Single things may be manufactured on single machines, but more complicated products need a connected series of processes, and manufacturing by this technique is typically more expensive (Barry , 1986; Tetzlaff, 1990; Barad, 1992; Groover , 2015).

### **2.2.1. Producing -Manufacturing Cells**

A manufacturing cell is a collection of processing elements that work together to complete a family of components without exiting the cellular. The cell's development is typically influenced by the specifications of the component group. A cell is made up of several CNC workstations, an automaton, and a material and/or equipment handling system. Loading and unloading of parts and components, processing scheduling of components, tools, and machines, established, and transferring of parts and components are all essential cellular processes. Even just a tiny cell has numerous operations that must be managed and synchronized in order for the manufacturing organisation to succeed. The fundamental tasks of a cellular control system might vary depending on the size and capabilities of the cell, as well as the degree of decision - making process capabilities. The main tasks of the cellular control system seem to be to schedule operations,

workstations, containers, equipment, and other materials. These operations are also utilized for scheduling, performances, resource infrastructure investments, quality, manufacturing orders, production units, and equipments (Barad, 1992; Barry, 1986).

Each Flexible Manufacturing Systems (FMS) is made up of two or even more cells. A cell is a type of processing element or operational node in decentralized FMS computer systems. Each cell ought to be able to autonomously change components and/or tools, and it should be capable of communicating with the "outside environment" in terms of both data acquisition and the material management system. The Manufacturing Cell is split into three sections: Palletised Cellular is the first one. It is typically used for slightly elevated, low-volume issues. Material handling combines a variety of versatile fundamental mechanical equipment. They use a standard pallet construction with pre-fixed pieces on pallets. Palletised cells are restricted to two or three units due to component flow logistics. A FMS is a collection of machines... linked by a transportation system. FMS is made up of a collection of processing units that are linked together by an automated material - handling platform and are managed by an incorporated computer control system. A FMS is made up of numerous machine tools, as well as part and process handling devices including robots, that are organized in such a way that they may handle any variety of components for which they were designed and implemented (Barry, 1986. Shivanand et al., 2006). The second type is the FMS cell. The automated movement of raw resources to the cell, complete processing of the component across the machines within the cell, and finally extraction of the finished part are the distinctive features of this cell. Material-handling systems might connect several kinds of cells in a significantly larger automated processes system. The third component of the cellular, the robot or autonomous cell, is used for high volume manufacturing of tiny, well-defined, homogeneous families of components. They are made up of a set of flexible machines that are coupled with robots or specialized material handling. There's many fixed processes in these cells, and components pass progressively through activities. Through the use of robots, powered fastening of components, specific equipment, and other types of automating, the cell is transformed into an entirely automated operation (Browne et al., 1884; Cutkosky et al., 1984; Spur et al., 1986; Luggen, 1991).

### 2.2.2. Flexible Manufacturing Systems (FMS)

A Flexible Manufacturing System (FMS) is a system that deals with high-level decentralized data handling and automated material management utilizing computer-controlled machines, assembly cell lines, integrated circuits, evaluation machines, and so on, in conjunction with computer-integrated components packaging and processing processes. FMS could also relate to a flexible, thoroughly automated process, but it is also used here to describe to a manufacturing approach that helps for automated systems and a high degree of customization in the manufacturing of components in batch processes. FMS could be used by manufacturing enterprises of all sizes to reduce warehousing or increase throughput to meet client demands. A production system is versatile if it can operate several workpieces at the same time and autonomously. In the categorization of FMS, four fundamental patterns may be found (Yang et al., 2005; Luggen, 1991; . BaneIjee and AI-Maliki, 1988; Barry, 1986; Johnson, L.A. and Montgomery, 1974).

i) Flexible Manufacturing Module: a Computer Numerical Control (CNC) machine equipment, a workpiece transportation

system, and a machining remote monitoring are all part of this subsystem.

ii) Flexible Manufacturing Cell: two CNC machine equipment, a workpiece transferring or industrial robot, and a distribution center for component transportation are included.

iii) FMS Automated equipment: an intelligent transferring interface provides the movement of workpieces.

iv) FMS Manufacturing Factory: all manufacturing operations have indeed been converted to FMS.

The advantages of FMS include: improved performance, reduced cost of production, reduced inventory and WIP to predetermined levels unheard of, reduced repeating, often dangerous, physically demanding work, with an improved the need artificially intelligent research, batch size of one, consequently offering flexibility and efficiency previously unimagined (5 Principles of Flexible Assembly Line Design, 2021; Yang et al., 2005; Berry and Cooper , 1999; Luggen, 1991; . BaneIjee and AI-Maliki, 1988; Barry, 1986; Johnson, L.A. and Montgomery, 1974).

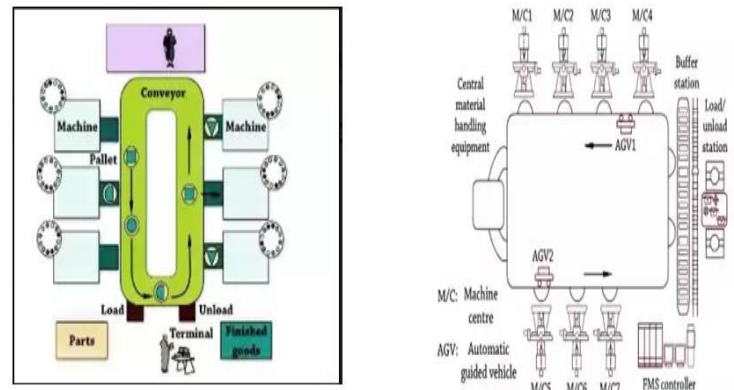


Figure 2. Flexible Manufacturing System Facility (Flexible Manufacturing System), <https://www.mechtalk.info/2018/11/flexible-manufacturing-system-fms.html>

A flexible manufacturing system (FMS) is a largely computerized cellular manufacturing cells comprised of a collection of operating terminals linked by an automation material handling technology and operated by a computer network. This fundamental FMS structure arrangements are presented in Figure 2. FMS is a manufacturing process consists of multi manufacturing equipment that have combined control system and an automatic material handling designated representative (Luggen, 1991; Flexible Manufacturing System, 2021). An FMS often includes an automated assembly system (AMHS) and computerized numerical control equipment (McGinnis, 1989). To rationalize the high initial investment of an FMS, appropriate system framework is needed.

### 2.2.3. Flexible Transfer Lines (FTL)

The concepts of flow line manufacturing are used to machining processes in transferring machines and connect line segments. High intensity performance is dominated by transferring machines by splitting the manufacturing of a component into a multitude of specialized operations that are performed out consecutively at a succession of specialized workspaces. Workplaces are placed in a line (or a circle), and components are manufactured at the same time, with the specific conventional machining determined with how far a part has gone



across the line. At the conclusion of each processing cycle, all components are moved towards the next workspace at the same time, with a completed component exiting the line and an unmachined part entering. Transferring machines are often used to perform drilling, tapping, boring, milling, and trying to approach processes on parts that began life as castings or forgings. Workstations often feature only a single axis of rotation because this is all which is necessary for such tasks. Components that need turning, cylinder cutting, gear cutting, or similar processes are not typically manufactured on a transfer line since these activities necessitate revolving in various directions. Transferring machineries and connect lines use the same flow line concepts. The primary difference in how the concepts are applied is that link lines use full industrial equipment, whilst transfer machines use specialised machining components. Transfer Techniques are extremely specialized and devoted permanent automating pieces. Attempting to alter them, on the other hand, is difficult and costly (Yang et al., 2005; Luggen, 1991; . Baneljee and Al-Maliki, 1988; Barry, 1986; Johnson, L.A. and Montgomery, 1974).

#### 2.2.4. Flexible Assembly Lines (FAL)

In an ideal world, eliminating assembly completely would be the greatest approach. Assembly lines are a form of FMS since the bulk of assembly is done manually, and a human operator with a variety of powered tools is one of the most adaptable "systems" available. Devices that can be reconfigured to allow flexible assembly machines to readily respond to disruptions and economic cycles. On conveying lines or overhead cranes, the assembly line transports items from station to station. Employees, and progressively robots and acts as an insulator - robots which can travel effectively in close enough proximity to people - complete their task when the work in process goes to a new station until the product is transported to the next stop. The principles and regulations of the assembly are as follows ((5 Principles of Flexible Assembly Line Design, 2021; Banker , 2018; Michalos et al., 2016; ; Sawik, 1999; Luggen, 1991; . Baneljee and Al-Maliki, 1988);

- i. One-dimensional assembling, often known as "z-stacking," is preferable over many axes. Most of the time, this situation could be guaranteed by design.
- ii. The mechanical components used should be reduced or removed.
- iii. Excess weight should also be avoided by thorough construction and structural distribution.
- iv. To reduce weight and improve quality, compatible and/or alternative materials such as plastics, HSLA superalloys, composites, and so on might be explored.
- v. Parts should indeed be constructed in such a way that their alignment is constant and permanent.

Because manufacturing consistency needs are expensive, measurements should really be specified with as few tolerances as feasible while remaining compatible only with product performance standards and the consistency. reputability of the relevant requirement. A flexible assembly line (FAL) is a manufacturing system with unidirectional flow. It is made up of a sequence of assembly steps that are either separated from the rest by defined exhaust nozzle buffering or have no intermediary buffers between them. Each phase has one or more parallel computers that are identical. The line could create several distinct part kinds at the same time. Each phase requires at least one

machine to manufacture each item, however certain parts might bypass several phases. Queuing throughout assembling phases is permitted in the line with restricted intermediary reserves, but it is not permitted in the line with no buffer solutions. A flexibility assembly line is a hybrid of traditional methods Because of its practical relevance and theoretical difficulty, flexible assembly lines are acquiring substantial value. In practice, firms could employ flexible assembly lines to maintain high performance and adapt towards ever client needs in order to stay competitive. Automation systems, including such robots or computational numerically controlled machines, could do more complicated and accurate assembling jobs in less time (Banker, 2018; Michalos et al., 2016; Barutçuoğlu and Azizoğlu, 2011; Sawik, 1999) .

### 2.3. Modeling of Manufacturing Systems

A model is a conceptual depiction of a real-world event or behavior using appropriate language or expressions. In generally, it is less complicated than actuality. In a nutshell, a model is a representation and modification of reality. Because hardware experimentation is complicated and expensive, individuals are encouraged to modeling intelligence to assess the behavior of industrial systems. In the design and operating phases of a system, modeling techniques are used to evaluate it. A modeling must explain the system's behavior while predicting the potential altering consequences. The model merely represents select aspects of the system and concentrates on those aspects of the system. As previously said, the model is lighter than the centralized database since a more complicated model takes longer to construct and a much more complex model takes longer to comprehend, evaluate, and comprehend the outputs. The model, on the other hand, does not have to be overly basic. Because if it is too basic, it may be incorrect and perform poorly, and so may not accurately portray actuality Models are classified according to form, the system objective, the time nature and the variability according to Solberg. The first step in modeling is to create a model that represents the system's behavior. The goal of model construction is to follow the model's behavior while also estimating the possible changing results. It is critical for the designer/engineer to realize that the model could only contain some system aspects and can only concentrate on those system components which might impact progress and manage the effect of the external components that concern the designer/engineer. The model must be a simplified perception of events. This is due to a number of factors. To begin with, a more complicated model requires more time to construct (Askin and Standridge, 1993; KouveJis , 1992; Schorer and Tseng , 1987; Solberg, 1976). For the purpose of simplicity, basic modelling methodology is defines as below, : Analytical Modelling. Simulation Modelling, Algorithmic Modelling and AI Based Modelling. Furthermore, a more complicated model is much more difficult to comprehend since the method the many factors impact performance might include intricate relationships that are challenging to see. On the other side, if the model is too basic, its performance representation could be completely incorrect, and the model might not even represent all of the essential design and operational decisions. According to Solberg, models are categorized based on their structure, system aim, temporal nature, and unpredictability. To keep things simple, The researchers just cover the fundamentals of modeling: Analytical modeling is a term that refers to the process of creating a model Simulation modeling, Algorithmic modeling, and Algorithm Based Modeling are all types of



modeling and AI Based Modelling (Solberg, 1979; Solberg, 1976; Schorer and Tseng, 1987).

### **2.3.1. Analytical Modelling**

Analytical models are created at the start of the modeling process. Analytical models don't really represent precise occurrences, but instead just provide for fast performance assessment. The model may be created fast by eliminating complexity and compressing the assumptions, although these models are commonly criticized for their absence of consistency and accessibility. It swiftly assesses the system. As a result, analytical modeling is often chastised for its lack of seriousness and accessibility. Analytical modeling entails the modeling approaches listed as following orderly: Mathematical Programming; Queuing Networks; Static Capacity Analysis; Heuristic Algorithms; Semi-Markov Processes; Petri Nets (Buzacott, 1983; Wang, 1989; Askin and Standridge, 1993).

Because many analytical models are complicated, approximating approaches must be used to solve them. Though there are certain fundamental principles, developing approximation models needs great imagination. It is frequently impossible to evaluate approximation models directly, thus they must be evaluated by comparing their forecasts to those of other approaches. Mathematical modeling is frequently used to simulate automated industrial processes. Building a mathematical model is simple and requires little computational work. It also offers the system a rapid reaction. The fundamental approaches of mathematical modeling include linear, nonlinear, and dynamic programming. The mathematical modeling is believed to be untrustworthy owing to its restricted degree of output, simplicity, and problems in modeling various elements of manufacturing systems. On the other hand, they are still favored modeling tools because they provide a rapid reaction and are less expensive than other modeling tools (Stecke, 1983; Askin and Standridge, 1993).

*Queuing Network:* Using a reliable analytic tool in design scenarios can save time, attention, and money over the long term. Such a device should offer performance indicators similar to those obtained from modeling, but with far less comprehensive data. Queuing Network is the name of this modeling tool. It examines a manufacturing system's steady-state behavior. It gives approximations by providing a particular level of detail and precision (Jackson, 1962; Baskett et al., 1975; Gordon and Newell, 1967). The queuing models used in automated production modeling, even including Solot and Bastos, Baskett et al., 1975; Gordon and Well (1967) and Schweitzer (1977). Solberg (1976), (1978), (1982) created the first FMS layout approach based on controlled queuing networks. The Computer Analysis of Queuing Network (CAN-Q), a Queuing Network model, is utilized to estimate manufacturing system production capacity, machine utilization, queuing development progresses, flow time, and so on. For the single component type situation, the platform virtualization scheme is developed in CAN-Q. The results of the CAN-Q Analysis are the manufacturing frequency, the average time which the components occupy in the route, the bottleneck station, and the altitude. Static Capacity Analysis (SCAN) is another analytical modelling tool. It is used to compute the station, transportation, tool, job requirements and work in

process in manufacturing system. These areas of calculation of the model are: - station requirements, - transport requirements, - works in process, - job requirements, and - tool requirements. Another analytical modeling method is static capacity analysis (SCAN). It is employed in the production system to determine the station, transportation, instrument, job needs, and work in process. The following elements of the model's computation are: - station needs, - transportation needs- requirements, - works in progress-process, - employment conditions, and - tool specifications-requirements (Newman, 1990). The Heuristic Algorithm is utilized to handle particular problems like scheduling and equipment overloading. Knowledge-based systems (KBS) have served as the foundation for 'heuristic algorithms' in computer-based solutions, and it is these heuristics that regulation KBS are meant to manage (Grant, 1986). Stecke and Kim (1986) studied part type selection, machine grouping, production ratio, resource allocation and loading problems for FMS using several heuristic algorithm. Petri Nets is a technique for modeling the dynamic behavior of discrete concurrent systems. As a result, it is a straightforward tool for simulating component movement through a production system. Parallelism and concurrency may be handled via Petri Nets (Alla et al., 1985).

### **2.3.2. Simulation Modelling**

Simulation modeling is the most commonly utilized modeling approach in the design of flexible and computerized production systems because of its complexity. It has a wide range of computer assistance and is a dependable modelling approach for complicated industrial systems. Machines simulate workpieces going from machine to machine in a real-world location in simulation modeling. Simulation modeling is a valuable modeling technique because it may committees established into the behavior of systems that are still in the design stage. Another advantage of simulation modeling is that it may push the consumer to consider about the process in greater depth than was previously the case. Optimisation models are the pinnacle of the simulation approach. They give such a deep insight into the whole system which they may be utilized as the framework for the completed installation's monitoring systems. On the other hand, while simulation or emulation models offer a more realistic image of the complete system, simulation is not an optimization tool, and the amount of dependent variables in developing any computerized manufacturing operations is often quite high. There are three methods for creating a simulation model: network, base, and data-driven. The network models were created to demonstrate the modeling process, however they could potentially be limited in their capacity to reflect the real world because they only give a limited amount of graphical symbols to do so. Network methods are simple to use but need some programming knowledge. The second technique in simulation modeling is the foundation paradigm. It necessitates considerable effort, possesses comprehensive modeling capabilities, and necessitates a lengthy training time for competent use. Simulation might well be thought of as an input-output procedure in which both the input and output are made up of configurations of knowledge. The model is represented in the input variety of facts, as is control of the simulation process. The data obtained from the run is contained in the output set of information. Simulation modeling is not an optimization approach, but it does provide

more accurate outcomes of production processes, such as the number of people waiting for each machine at any one time, machine usage, and so on (Hannam and Talavage, 2020; Carrie, 1989; Law, 1988; Schorer and Tseng, 1987; Schorer and Tseng, 1987; Newman, 1990; Wang, 1989). Carrie (1989), Law (1988), Schorer and Tseng (1987), Newman (1990), and Wang (1989) investigated the evolution of simulation methods and their use in production. Zhang (1989) categorized simulation languages based on their simulation methods to real-world systems. They are as follows: i. Discrete-Event. three-phase time increment scheme. Scans the activities before terminating to complete. ii. Discrete-Event. A two-phase system that combines the preceding two stages. iii. Continuous systems in which the actions are described using a process type.

### **2.3.3. Algorithmic Modelling**

Another modeling technique with achievable and acceptable outcomes is Algorithmic Modeling. It is capable of recording and using the outputs of production systems. Algorithmic Modelling is concerned with the scheduling of event chains. Another possible and appropriate way to modeling industrial processes in depth and effectively is the algorithmic method (Stecke and Kim, 1986).

### **2.3.4. Artificial Intelligence (AI) Based Modelling**

Artificial Intelligence (AI) is also used to simulate system behavior by combining it with human intelligence. Deep learning, machine learning, pattern matching, and human behavior modeling are all part of the AI Methodology. Computers are used in AI Based Modelling to do representational understanding. It uses imprecise or ill-defined information towards solving problems. It looks at qualitative aspects of techniques rather than quantitative ones. The results of AI Based Modeling are not accurate nor ideal, but they are appropriate. The algorithms handle with the sequencing of event sequences and serve as the foundation for system modeling. The algorithmic method offers a solid tool for designing, controlling, and operating industrial systems in a realistic way. Unlike simulation, this technique can capture, modify, and output significant volumes of user-specific data on the functioning of industrial systems, in addition to the standard statistical-based outputs received through simulation (Luger and Stubblefield, 1989; Zhang, 1989; Andert, 1992).

Manufacturing processes have previously benefited from expert system approach. There is now a lot of interest in various expert system applications for process planning, marketing and advertising, financial management, and production planning all over the world. To address the planning and scheduling difficulties, all approaches are employed. The combination of AI Based Models with simulation and graphical visualization has made them more convincing. s. Despite the diversity of issues addressed in AI research, a number of key traits emerge that appear to be shared by all segments of the discipline, including (Newell and Simon, 1963; Luger and Stubblefield, 1989; Nand, 1991; Groover, 2015).

- the utilization of computers to do representational thinking;
- the emphasis on issues which do not yield to algorithmic resolutions;
- solving problems with unscientific, incomplete, or inadequately specified information including the use of representation approach to accommodate for these issues,
- an attempt to identify and modify key subjective aspects of a situation instead of depending on numerical approaches,

- solutions which are neither accurate nor ideal, but are "adequate" in some way
- the utilize of a vast quantity of domain-specific knowledge to issue solving;
- the application of met a-level knowledge to influence more complex control of problem-solving techniques.

## **2.4. Database Management Systems (DBMS)**

A database in an Flexible Manufacturing System (FMS) serves the purpose of storing and making available information required to regulate the manufacturing operation. A database is essentially a data collection stored in a huge number of computer files. Databases have logical structure and function in concert with software applications to provide a manufactured data system facilitating factory operating or design process that may service several applications simultaneously. Database architectures that are often utilized are flat, hierarchical, relational, and network. A database is an essential component of just about any flexible manufacturing system. The much more fundamental role of a database in an FMS is to store and make relevant data required to regulate the manufacturing. A FMS database is a critical component of a plan to protect the validity and dependability of knowledge in the FMS system. A database management system (DBMS) is a set of applications that allow centralized control to content contained in a system (Ranky, 1983; Nand, 1991; Groover, 2015).

### **2.4.1. The Meaning of A Database In Flexible Manufacturing Systems (FMS)**

A database is an essential component of whatever flexible manufacturing system (FMS). The much more fundamental role of a database in an FMS is to store and make information available required to regulate the production processes. The database stores information required for virtually all FMS control functions. Databases allow the FMS to communicate with other computer-based manufacturing techniques including such Material Requirement Planning (MRP), Computer Aided Design (CAD), and Computer Aided Manufacturing (CAM). A database, like plants and equipment, must be seen as a strategic corporate resource. Also needs upkeep, personnel, and the periodic replacement of outmoded infrastructures, and it has the potential to produce money. It may be used for a variety of reasons, including quality control, productivity assessment, system design, machine usage optimization, simulation, and many more. Actual planning and Numerically Controlled (NC) component programming operations are carried out via software which makes utilization of the database as a resource and store of information. Databases may be built to make program operation much easier. Because each FMS database is adapted to the needs of the entrepreneurial venture, and because each firm is unique, each FMS database would remain unique (Ranky, 1983; Nand, 1991; Groover, 2015).

### **2.4.2. Importance of A Database In the Flexible Manufacturing Systems (FMS)**

A Flexible Manufacturing Systems' (FMS) database is a critical component of a plan to maintain the authenticity and dependability of content in the FMS system. A database managing system (DBMS) is a set of applications that allow for synchronized access to data contained in a database. The most

essential purpose of a DBMS is to combine knowledge such that conceptual linkages required for business operations are preserved. Furthermore, most DBMSs enable database record format independent from interface applications. A strategies are applied is regarded as a single organization. Many people could be created, each with a unique set of performance characteristics There is no centralized storage. A successful DBMS would handle many various types of storage arrangements, so that distinct sections of the database may be located in multiple methods, and the storage structure for a particular component could be modified as efficiency requirements change or grow properly understood. A strategies are applied is regarded as a single organization. Many people could be created, each with a unique set of performance characteristics There is no centralized storage. A successful DBMS would handle many various types of storage arrangements, so that distinct sections of the database may be located in multiple methods, and the storage structure for a particular component could be modified as efficiency requirements change or grow properly understood. (EIMaragy, 1985; Diega et al., 1991; opions from author).

### **3. Results and Discussion**

#### **3.1. Strength, Weakness, Opportunity, and Threat (SWOT) Analysis for Flexible Manufacturing Systems**

Strength, Weakness, Opportunity, and Threat (SWOT) evaluation (SWOT composite) is a comprehensive assessment approach utilized to assist a someone or enterprise in identifying strengths, weaknesses, opportunities, and threats in commercial rivalry or project preparation (Fundamental Analysis, 2021). Various applications are used in the analysis and making decisions of the strategic position of the enterprises. One of these applications is SWOT analysis. It is important for the success of the analysis process of internal and external factors within the making decision due to manufacturing system that the manufacturing companies plan to use and apply for producing - manufacturing products and goods.

For SWOT Analysis, Internal environmental factors show their strengths and weaknesses, while external factors are classified as opportunities and threats. The goal of every studies is to determine the main internal and external components which are critical to achieving the goal. Internal characteristics are connected to strengths and weaknesses, whereas external variables are related to opportunities and challenges (Mendes et al., 2011; Keleş et al., 2018). This analysis is evaluted-applied and complied from the opions of the experts of this manuaufacturing systems, the literatür of this scientific field and opions of the aauthor. SWOT Analysis for FMS is presented in Table 1.

Automation-controlled production system projects are low-risk, low-cost and non-invasive systems that are completed quickly without disrupting existing systems. It provides ease of implementation, scaling and management of artificial intelligence without any problems. It can support the feedback loop to distribute artificial intelligence to an unlimited number of robots with a single click, to perform version control and update, and to continuously improve. Automation-controlled manufacturing systems free employees from repetitive and unnecessary tasks, thus enabling employees to focus on more strategic initiatives. Manufacturing systems, which are a solution partner that supports sustainable growth and relieves employees from routine work, allow to increase productivity, reduce costs and facilitate compliance.

Table 1. SWOT Analizi for Flexible Manufacturing Systems (FMS)

<p><b>Strengths:</b>                  *Quickly adapting to changes in the form of products in the sector                  * Technological sophistication, Vertical and horizontal Technological interaction                  *Service technology for devices, Security, policies and quality of services                  * It saves space and reduces the number of employees while increasing automation.                  * It provides shortening of machine preparation times.                  * Since it is a system that minimizes the human factor, it minimizes the number of errors.                  * It enables the production of a wider variety of products in smaller batches, accelerates the financial cycle and minimizes heap volume.                  * It increases the productivity of the employees and creates a safer work environment.                  * It creates long-term competitive advantage by increasing productivity and profitability.                  * It shortens the delivery time of orders and shortens the cycle time.</p>	<p><b>Weaknesses:</b>                  * Expensive company locations                  *Failure to reach the delivery on time                  *The constant increase in product shipping costs                  * Inability to make too many discounts                  *Lack of capital                  *Staying behind its competitors in terms of recognition                  *Inadequacy of advertising campaigns                  *Expensive raw material products                  *High rate of substitution of the products it produces                  *Requires continuous technological innovation                  *Requires an expert team in installation and operation                  *Deviations in planning in case of technical problems                  *High installation costs                  *Software issues                  *It takes time for the system to fully settle</p>
<p><b>Opportunities:</b>                  Availability of product ingredients that can greatly improve the product range                  * the emergence of each product depends on the production of different types of parts.                  In order to produce different types of parts, it is necessary to constantly change the settings of the machines that will carry out the production.                  * Production process flexibility is the ability to provide processes that can produce different products without making significant changes in the machinery and equipment that provide the production.                  *production flexibility depends on the flexibility of the benches and material handling systems used, and the information and control system of the enterprises.                  *As the demands, expectations and needs of the consumers are constantly changing, forcing the businesses to be active in product flexibility, it is necessary to use flexible production systems to ensure product flexibility.                  *Route flexibility prevents production disruption and loss of time due to these                  * Technologies have the ability to adapt to changes and innovations                  * In addition to flexibility in production depending on the constantly changing market, business organizations also require adaptation to changes and innovations and provide organizational flexibility.                  *New and flexible organizational structures create smaller structures, unlike classical hierarchical organizational structures.</p>	<p><b>Threats:</b>                  *It is specially designed according to the needs of businesses. This means that it takes several years before a system is installed and running.                  * The emergence of both direct costs such as machinery and equipment and many indirect costs in the establishment of the system.                  *According to the principles of the system, the use of robots will become increasingly widespread, robots will take the place of human beings more and more, and this will bring unemployment.                  * some machines are down, preventing the system from performing its functions.                  * However, incorrect programming, unplanned tool changes can also cause disruptions in the realization of planned production.</p>

#### 4. Conclusions and Recommendations

Flexibility is a generated importance of the correct as the proportion of different kinds of products to the volume of a range or as the proportional of the time necessary for group of developers. There are numerous types of flexible manufacturing or ways to measuring flexibility, several of which are as regards. Structural flexibility reflects the chance that the database model would adjust to external variables, predicted working process, and disruptions in the production process. Structural flexibility encompasses both flow organization flexibility and structured analysis flexibility. Apply organizational, essentially reflects the chance that the provided production line will be successful.

Transformational adaptability of the system is determined by translating measurements of flexibility in the outcome into system components, yielding a matrix measurement of flexibility/system properties. Flexibility of framework inputs comprises the flexibility over all system components prior to the conversion: purchasing, providers, and transports. Flexible technical manufacturing decreases the period, expenses per unit of goods, facilitates production process and sensible use of the equipment campground, diminishes stock levels, raises worker productive capacity, facilitates empathetic, lightweight, and higher throughput, minimises employee exhaustion, and increases efficiency focused on the conception of a successful product line and name in the industry.



Flexible manufacturing combines entire production streams with production interruption, i.e. exploits the benefits of both movements while attempting to avoid the problems of both movements. The goal is to maintain continuous material flows within production while maintaining maximum production flexibility. This indicates that the system could quickly react to the needs of each client, avoiding halting manufacturing, accumulating incomplete goods, and so on. Manufacturers need to use advancements to achieve the maximum level of manufacturing automation feasible. In reality, the primary objective of automated processes is indeed not, as it once was, mass high production series of items at low premium, but rather the development of a flexible system capable of quickly meeting specific customer needs and allowing for effective and quick readjustment from one method of project to some other. This approach is the one which analytical frameworks to efficiently quickly react situations rather than being limited to two moments every year. This manufacturing system can increase efficiency and, as a result, decrease an industry's manufacturing expenses. Flexible manufacturing might be an important part of a justify making approach, allowing consumers to personalize the goods customers desire. Such adaptability might come at a larger initial investment.

## 5. Acknowledge

I would like to thank the business officials, business employees and experts who helped me within the scope of the research by sharing their valuable information.

## References

- Alla, H., Ladet, P., Martinez, J., and Silva, M.(1985). Modelling and Validation of complex systems by colored Petri Nets: Application to a Flexible Manufacturing System, *Advances in Petri Nets*", Lecture Notes in Computer Science, 188, Springer Verlag, Berlin, 15-31.
- Askin, Ronald G., Charles R. Standridge, Charles R.. Standridge (1993). *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*, John Wiley and Sons Incorporated, 461 p.
- Banejee, S.K. and Al-Maliki, I. (1988). A structured approach to FMS modelling, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1(2), 77-88.
- Banker, S. (2018). Transitioning to Flexible Assembly Lines, <https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2018/06/04/transit ioning-to-flexible-assembly-lines/?sh=4a63de6541e0>, Jun 4, 2018
- Barad, M. (1992). Impact of some flexibility factors in FMSs - a performance evaluation approach", *International Journal of Production Research*, 30(2), 2587-2602.
- Barash, M.M. (1982). *Computer Manufacturing Systems for discrete products*, The Handbook of Industrial Engineering, John Wiley and Sons.
- Bard, Y. (1979). Some extentions to multiclass queueing network analysis, *Performance of Computer Systems* (M. Arato. Editor) North-Holland, Amsterdam, 1979.
- Barry, L.J. (1986). *Introduction to Computer Numerical Control*, Pitman, London, New York : Wiley, 245 p.
- Barutçuoğlu, Ş. and Azizoğlu, M. (2011). Flexible assembly line design problem with fixed number of workstations. *International Journal of Production Research*, 49(12), 3691–3714. doi:10.1080/00207543.2010.492410.
- Baskett, F., Chandy, K.M., Muntz, R.R., and Palocios, F.G. (1975). Open, Closed and Mixed Networks of Queues with different Class of Customers, *Journal of Association for Computing Machinery*, 22(2), 248-260.
- Berry, W.L. and Cooper, M.C. (1999). Manufacturing flexibility: methods for measuring the impact of product variety on performance in process industries", *Journal of Operations Management*, 17(2), 163-78
- Bowden, R., and Browne, J. (1991). Approach to the production environment design task within factory coordination", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 4(1),42-50.
- Browne, J., Harden, J., and Shivnan, J.I. (1990). *Production Management Systems: A eIM Perspective*, Addison Wesley Publishing, 1990.
- Browne, J., Dubois, D., Rathmill, K., Sethi, S. P. and Stecke, K. E. (1984). Classification of flexible manufacturing systems. *The FMS Magazine*, 114-117.
- Buzacott, J. A.(1983). Modelling Automated Manufacturing System, *Fall Industrial Eng. Conference Proceedings*, 341-348.
- Cutkosky, M.R., Fussell, R.M., and Milligan, Jr., R. (1984). The design of a flexible machining cell for small batch production, *Journal of Manufacturing Systems*, 3(1), 39-59.
- EIMaragy, H.A., (1985). Automated Tool Management in Flexible Manufacturing", *Journal of Manufacturing Systems*, 4(1), 1-13.
- Flexible Manufacturing System, <https://www.mechtalk.info/2018/11/flexible-manufacturing-system-fms.html>. (Access Date: 21.08.2021)
- Fundamental Analysis, <https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp>, (Access Date: 21.08.2021)
- Gordon, WJ. and Newell, G.F.(1967). Closed queueing networks with exponential servers, *Operations Research*, 15, 254-265.
- Grant, T.(1986). Categories of Constraints in Acquiring Planning and Scheduling Knowledge, *Alvey Project -Report*.
- Groover, M. P. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing 4th Edition*, Pearson, 811 p.
- Hannam, R. G. and Talavage, J.(2020). Flexible manufacturing systems in practice design, analysis and simulation, p.15-28, CRC Press, 377 p.
- Hitomi, K. (1996). *Manufacturing Systems Engineering A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management and Industrial Economics* , Second Edition, Taylor & Francis Inc, CRC Press, 557 p.
- Hitomi, K. (1994) Moving toward manufacturing excellence for future production perspectives, *Industrial Engineering*, 26 (6), 48-50.

- Jackson, J.R. (1962). Job Shop like queueing systems, *Management Science*, 10, 131-142.
- Johnson, L.A. and Montgomery, D.C. (1974). *Operation Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control*, John Wiley and Sons, New York, NY, 1st edition, 544 p.
- Keleş, M., Kılıç, Ü. and Keleş, A. (2018). E- Ticarete Pazar Araştırması ve SWOT Analizi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 569-604.
- KouveJis, P. (1992). Design and planning problems in flexible manufacturing systems: a critical review, *Journal . of Intelligent Manufacturing*, 3, 75-99.
- La Diega, S.N., Passannati, A., and Passannati, G. (1991). Optimum tool replacement policies in integrated manufacturing systems, *Computer Aided Production Engineering*, Elsevier, (Eds.V.C. Venkatesh and J.A.McGeough), 15-332.
- Law, A. (1988) *Simulation of Manufacturing Systems*, Proceedings of the 1988 Winter Simulation Conference, 40-51 (M. Abrams, P. Haingh and J. Comfort Editors.)
- Luggen, W.W. (1991). *Flexible Manufacturing Cells and Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Luger, G.F., and Stubblefield, W. A. (1989). *AI and Design of Expert Systems*, Benjamin/Cummings Publication Company, California.
- McGinnis, L. (1989) Flexible manufacturing. In: White, J., Pence, I.W. (Eds.), *Progress in Material Handling and Logistics*, 1, Springer-Verlag, Berlin, p. 247
- Mendes, J. M., Leitao, P. and Colombo, A. W. (2011). Service-oriented computing in manufacturing automation: A SWOT analysis. 2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics. doi:10.1109/indin.2011.6034900
- Methods of production, <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zth78mn/revision/2>, (Access Date: 10.09.2021).
- Merchant, M. E. (1961). The Manufacturing System Concept in Production Engineering Research. In: *Annals of CIRP*, 77-83.
- Merchant, M. E. (2000). The Future of Manufacturing. In: *Handbook of Industrial Automation* (Shell, Richard L. and Hall, Ernest L. Editor), Marcel Dekker, Inc., Cincinnati.
- Merchant, M.E. (1983). Current Status of Potential for Automation in the Metalworking Manufacturing Industry, *Annals of the CIRP*, 32(2), 519-523.
- Michalos, G., Sipsas, P., Makris, S. and Chryssolouris, G. (2016). Decision making logic for flexible assembly lines reconfiguration. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 37, 233-250. doi:10.1016/j.rcim.2015.04.006
- Nand K. Jha (Editor) (1991). *Handbook of Flexible Manufacturing Systems*, Elsevier Science, Academic Press, Inc., 332 p.
- Newell, A. and Simon, H. (1963). GPS, A Program that simulate human thought, *Computer and Thought*, E.A. Feingbaum and J. Felman(Eds.), McGraw-Hill, N.Y.
- Newman, S.T., (1990). An Integrated approach to the Design and evaluation of Flexible Machining Cells, PhD Thesis, LUT.
- Qiao, G., Robert Lu, R. And Mclean, C. (2006). Flexible manufacturing system for mass customization manufacturing”, *International Journal of Mass Customisation*, 1(2/3), 374 - 393
- Ranky, P.G. (1983). *Design and Operations of Flexible Manufacturing Systems*, IFS Publications.
- Reiser, M. and Lavenberg, S.S. (1980). Mean-value analysis of closed multi-chain queueing networks, *Journal of ACM*, 27(2), 313-323.
- Sawik T. (1999) *Production Scheduling in Flexible Assembly Lines*. In: *Production Planning and Scheduling in Flexible Assembly Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-58614-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-58614-9_6).
- Schorer, B.I., and Tseng, F.T. (1987). Modelling Complex Manufacturing Systems using Simulation, Proceedings. of the 1987 Winter, Simulation Conf. A.Thesen, H.Grant, W. D. Kelton, (editors), 677-682.
- Schweitzer, P.J. (1977). Maximum throughput in finite capacity open queueing networks with product form solutions, *Management Science*, 24(2), 121-240.
- Shivanand, H.K., Benal, M.M. and Koti, V. (2006). *Flexible Manufacturing System*, New Age Publications , 165 p.
- Simplicable, <https://simplicable.com/new/job-production> (Access Date: 10.09.2021).
- Stecke, K. E., and Kim, I.(1986). A flexible approach to implementing the short-term FMS planning function, *Proceeding of 2nd. ORSA/TIMS Conference on FMS: OR Models and Application*, Editors. K.E. Stecke and R. Suri, Michigan, 283-295.
- Solberg, J.J. (1979). *Computer Models for Design and Control of Flexible Manufacturing Systems*, 16th NCS, 111-117.
- Solberg, U. (1978). Quantitative design tools for computerized manufacturing systems, *Proceedings of 6th North American Metalworking research committee*, Florida.
- Solberg, J.J. (1976). Optimal Design and Control of Computerized Manufacturing Systems, *Proceedings of AIIE Systems Engineering Conference*.
- Solberg, J.J. (1979). *Computer Models for Design and Control of Flexible Manufacturing Systems*, 16th NCS, 111-117.
- Solberg, J.J. (1982). Mathematical Design tools for integrated production systems, *Production 23rd MTDR Conference*.
- Spur, G., Seliger, G and Viehweger, B. (1986). Cell Concepts for flexible automated manufacturing, *Journal of Manufacturing Systems*, 5(3), 171-179.
- Stecke, K.E. (1983). Formulation and solution of nonlinear Integer Production Planning for Flexible Manufacturing Systems, *Management Science*, 29(3), 273-288.

- Suri, R. and Hildebrant, R.R. (1984). Modelling flexible manufacturing systems using mean-value analysis, *Journal of Manufacturing Systems*, 3(1), 61-69.
- Tetzlaff, Ulrich A.W. (1990). *Optimal Design Of Flexible Manufacturing Systems*, Springer-Verlag Berlin -Physica-Verlag Heidelberg, 1th edition, 190p.
- Types of production, <https://theintactone.com/2019/06/16/pom-u1-topic-2-types-of-production-systems/>
- What is job production process? <https://askinglot.com/what-is-job-production-process> (Access Date: 21.09.2021)
- Wang, W. (1989). A Knowledge based modelling system for the design and evaluation of flexible manufacturing facilities, PhD Thesis, LUT.
- Yang, T., Peters, B. A. and Tu, M. (2005). Layout design for flexible manufacturing systems considering single-loop directional flow patterns. *European Journal of Operational Research*, 164(2), 440–455. doi:10.1016/j.ejor.2003.04.004.
- Young, R.E. and Mayer, R. (1984) The information dilemma: to conceptualize manufacturing as information process, *Industrial Engineering*, 16 (9), 28-34.
- Zhang, P.(1989). *The Management of Tool Flows in Flexible manufacturing Systems for Cylindrical Pans*, PhD Thesis, LUT.
- 5 Principles of Flexible Assembly Line Design, <https://www.automationworld.com/home/blog/13318850/5-principles-of-flexible-assembly-line-design> (Access Date: 11.09.2021).



# Structural Analysis of Industrial Foam Crusher Machine By Using Finite Element Method

Emir Esim<sup>1\*</sup>, Emre Benzer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0801-9155)

<sup>2</sup> Kilim Furniture, R&D Center, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8587-4377)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1012035)

**ATIF/REFERENCE:** Esim, E. & Benzer, E. (2021). Structural Analysis of Industrial Foam Crusher Machine By Using Finite Element Method. *European Journal of Science and Technology*, (29), 343-350.

## Abstract

Especially in the foams used in sectors such as furniture, mattress, automotive, textile, deformation occurs depending on time and load. This situation leads to a decrease in customer satisfaction. In order to solve this problem, a machine has been developed to eliminate internal irregularities with the sponge block crushing method in order to eliminate the formations such as sticky or irregularity of the voids/channels in the inner structure of the sponge blocks after curing and to minimize the deformation that will occur in the short term after production. In this study, structural analysis was carried out for the geometric optimization of the parts that make up the crushing machine designed. For this purpose, linear static analysis of foam crusher parts is realized and maximum Von Misses stress, deformation, the factor of safety results and necessary optimization locations are determined via ANSYS Workbench software. The obtained results are presented in graphics.

**Keywords:** Foam crusher, Finite element analysis, Structural analysis, Stress analysis

## Endüstriyel Sünger Ezme Makinesinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Yapısal Analizi

### Öz

Özellikle mobilya, yatak, otomotiv, tekstil gibi sektörlerde kullanılan süngerlerde zamana ve yüke bağlı olarak deformasyon meydana gelmektedir. Bu durum müşteri memnuniyetinin azalmasına neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için sünger blokların iç yapısındaki boşlukların/kanalların yapışkanlık veya düzensizlik gibi oluşumların giderilmesi; kütleme ve üretim sonrası kısa vadede oluşacak deformasyonu en aza indirmek amacıyla sünger blok ezme yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışma ile sünger iç düzensizlikleri ortadan kaldıracak bir ezme makinesi geliştirilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan kırma makinesini oluşturan parçaların geometrik optimizasyonu için yapısal analiz yapılmıştır. Bu amaçla sünger ezme makinesi parçalarının lineer statik analizi yapılarak ANSYS Workbench yazılımı ile maksimum Von Misses gerilmesi, deformasyonu, emniyet katsayısı sonuçları ve gerekli optimizasyon bölgeleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiklerle sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sünger ezme, Sonlu elemanlar metodu, Yapısal analiz, Gerilme analizi

\* Corresponding Author: Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Bölümü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0801-9155, [emiresim@erciyes.edu.tr](mailto:emiresim@erciyes.edu.tr)



## 1. Introduction

In the sponge production sector, generally, after the block sponge is cured on the shelf, sizing is performed, especially in the furniture sector, mattresses, quilting, woven textile quilting, armchairs, sofas, etc. production is done.(De Mello, Pezzin, & Amico, 2009) In the production of sponges, different types of sponges are cut by using advanced cutting techniques such as roll, rotary cutting, horizontal cutting, profile, and CNC. Thus, different sizes and types of sponges can be produced according to their needs.

Mechanical properties are often believed to be important for PUR foams used in the furniture industry(Li, Yang, Li, Jiang, & Liang, 2018)Over time, the fabric on an upholstered sofa loosens. In fact, it is not the fabric that deforms. It is a foam that deforms over time. Therefore, it is always very important to check the mechanical performance of foam under a certain load in an upholstered frame.(Demirel & Ergun Tuna, 2019) Gök et al. has investigated the hardness values of polyurethane foam used in furniture upholstery(Gok et al., 2012) Marsivana et al. have investigated the failure of polyurethane foams under different loading conditions.(Marsavina, Sadowski, Constantinescu, & Negru, 2008)Demirel and Tuna measured the changes in indentation force deflection (IFD) hardness and thickness values after constant fatigue loading on polyurethane (PUR) foams of six different densities and two different categories.(Samet Demirel 2019)

Ulrich (1983) stated that flexible polyurethane foams produced from polycondensation of polyols with isocyanate are formed as open-celled with low density and limited mechanical strength, with high gas permeability. (H.Ulrich, 1983).Quintero et al. found that the tear resistance decreased with the increase in cell diameter of the flexible foams they produced.(Quintero et al., 2009) Besides, after the sponges are cured since the cells that are not fully formed in them are not broken, it causes the complaints of collapse in the bed and collapse in the sofa in the future. In this study, it is aimed to reduce the height loss, which is expressed as sponge collapse, with the crushing machine designed. In addition, the unbroken cells in the sponge are broken and the structure is normalized. In general, the expectations from a crushing process can be listed as follows;

The designed machine produces a wide variety of Foam processing and auxiliary equipment, among them is the foam crusher. An essential part of any foam production, the crusher is used to open the foam cells by compressing the foam down to 10% of its volume. Foam crushing is essential in hi-resiliency and memory foam production. Another important use is to reclaim dead foam (closed-cell foam) into open-cell foam the crushing process involves running the sheet or block thru the rollers back and forth until the desired open-cell percentage is attained. Blocks are usually crushed right after curing to be further crushed before cutting.

By using finite element-based simulations, unexpected design errors that may occur during the testing of components of mechanical designs are naturally reduced. In addition, studies can be carried out for the performance and reliability analysis of the systems with the solid model of the systems produced by computer-aided design (CAD). Structural analyzes with such programs are widely preferred in determining the strength of mechanical systems. In this way, undesirable situations in terms

of both the material to be used and the mechanical strength are determined before the production of the mechanical components.

Today, many finite element methods are used, from various engineering fields such as construction, electricity, machinery, aircraft, hydrodynamics, atom to the field of medicine. Examples of these studies can be given as examples for machine design and analysis(Chen, Das, & Battley, 2017; Mustafa Tınkır & Sezgen, 2017) for vibration analysis (Demirtaş & Bayraktar, 2019; Yıldırım 2019)and dental applications(Aslan, Esim, Ustun, & Donmez Ozkan, 2021). Many machine designs have been made for sponge production in the sponge sector, and the main ones are sponge cutting machines. (Liu, 2021). At the same time, there is a need for a machine design for crushing sponges for the reasons mentioned above. Studies on such structures designed for crushing are insufficient in the literature. In addition, in the design of the sponge crushing machine, structural analyzes with the finite element method were not encountered to ensure that the machine is safe and secure.

In this study, solid modeling and structural analysis of a system to be used for sponge crushing operations are presented. To transform the analysis into real system behavior, structural analysis was carried out with the forces determined according to the characteristics of the sponge crushing system. From the analysis results, it has been seen that the material and structure used in the crushing system provide simple, reliable, and cost-effective production requirements.

The parts of this study are as follows; In the following section, the mechanical design of the crushing machine that forms the system is given. Then, structural analyzes and their results are given in Section 3,4 respectively. Finally, the conclusion part, which expresses the contributions of the analysis results to the design studies, is given.

## 2. Material and Method

In general, sponge blocks are produced in the structure given in figure 1, with a length of 20m, a height of 1200mm, and a width of 2000mm. These blocks are then produced and used by cutting them into desired lengths and sizes. These blocks, which are produced to increase the sponge quality before the cutting process, to eliminate unwanted errors in the use, and to open the cells that are not fully opened, are subjected to the crushing process on the line as seen in Figure 2.

As seen in the figure, the crushing process is carried out by the angled rotation of the rotary cylinder, which has double jaws on the crusher machine and can crush gradually on these jaws. In addition, there are 2 pistons on the crushing machine, one of the pistons is in the upper jaw the other one is in the lower jaw, to adjust the crushing angle.



Figure 1. Sponge block view

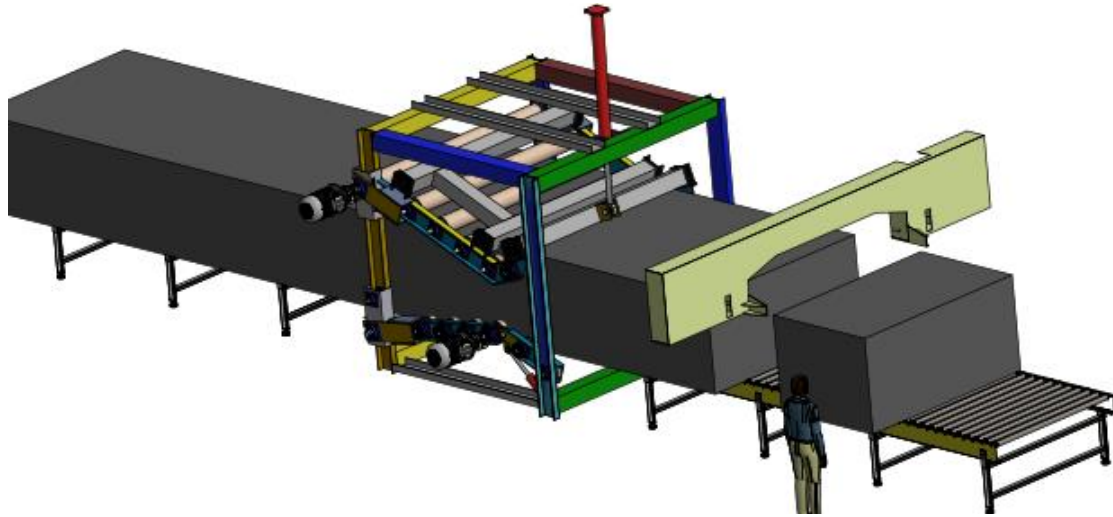


Figure 2. Sponge crushing process view

In addition, the rotation of the rotating wheels is provided by chain gears. Two 7.5 kW two motors and reducer groups were used for the movement of the upper and lower cylinders. As can be seen from the figure, the crushing machine has a very complex design because it consists of many elements.

As the complexity of the system increases, it becomes difficult to produce a theoretical solution. In such cases, approximate solution methods are used. The most common of these methods is the Finite Element Method. In this method, the system, which is referred to as the "mesh" operation in the literature, is divided into uniform geometric small elements and the solution is realized in this finite element network with various assumptions. The larger the size of the finite element mesh, the more difficult the solution, but more realistic results can be obtained. For this reason, one of these programs, SolidWorks, was used in the creation of the solid model of the crusher machine in this study and performing its static analysis with ANSYS Workbench.

The solid model of the designed crushing machine is given in Figure 3. CAD model of crusher is imported into ANSYS with Parasolid file format.

After the design of a mechanical system, calculating its response to external loads in pre-production operating conditions is extremely important for the safety and security of the system. While theoretical solutions are possible for simple structures, theoretical solutions become more difficult as the complexity of the system increases. In such structures, methods that produce approximate solutions are preferred. The Finite Element Method is one of the most used methods. In this method, the structure to be analyzed is divided into regular geometric small elements defined as "mesh" operations. and by making some assumptions for the solution, the solution is realized in this finite element network. The smaller the finite element size, the more difficult the solution, but results closer to the theoretical solution can be obtained. Many analysis programs use the Finite Element Theory. For example Ansys, Solid Works, Catia, etc. Thanks to these Programs, many systems can be analyzed according to operating conditions without having to know much about the details of finite element theory. For this reason, the Solidworks program was used in the creation of the solid model of the crushing machine

designed in this study, and the ANSYS program was used in the static analysis.

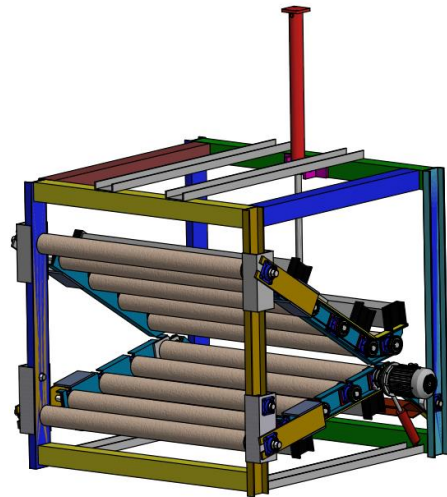


Figure 3. Foam crusher machine CAD Model

### 3. Static Structural Analysis

The structural analysis of foam crusher is realized, weak and more strength areas of crusher body parts are determined using finite element method. Before the analysis, some required shape optimizations of the CAD model are done. The connection holes, chain, gears, and hydraulic adapter of the crusher are removed from the CAD model. Also, The analysis model has been simplified by removing some structures that will not affect the analysis from the model. Some radius disturbed mesh geometry is removed.

The finite element method is based on the division of the components to be analyzed into finite small parts. The smaller the size of these parts, the more precise the solution is obtained. However, the increase in the number of elements significantly increases the analysis time. This may cause the computer to be used in the analysis to be insufficient in terms of both processor and memory. For this reason, to provide precision in the process of dividing apples, an average of 10 mm element sizes were determined. This model consists of 1416214 element numbers and 2510241 node numbers. The meshed model of the crusher is

given in Figure 4. In this study, the mesh model is achieved by using quadrilateral and triangular elements in ANSYS Workbench software

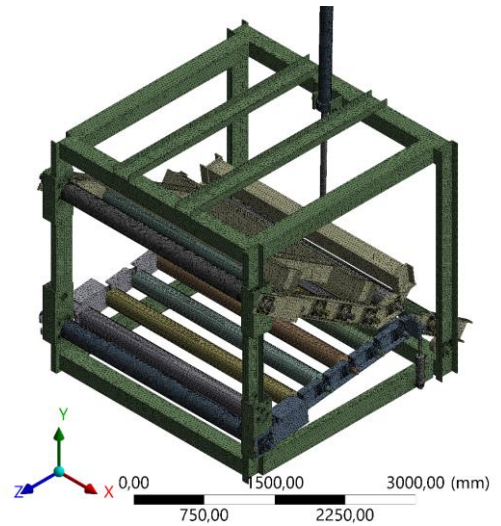


Figure 4. View of the mesh structure

After the meshing, material properties are defined for the Finite Element Model. In all calculations, the materials used in the crusher are assumed to be homogeneous and isotropic. Material properties are given in Table 1.

Table 1. Mechanical properties of the materials

Material	Density	Young Modulus	Poisson Ratio	Yielding Stress (Tensile)	Yielding Stress (Compressive)	Ultimate Tensile Stress
Structural Steel	7850 kg/m <sup>3</sup>	210 GPa	0.3	250 MPa	250 MPa	460 MPa

After the crane system is divided into elements contact processes have been defined for the structures in contact with each other on the crusher system. The appearance of the boundary conditions of the system is given in Figure 5 . Fixed support is defined as the bottom of the machine.

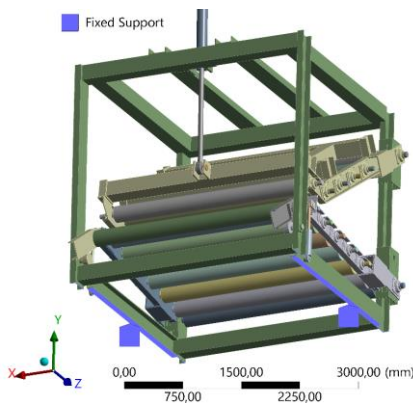


Figure 5. Boundary condition of the system

### 3.1. Calculation of Forces

Sponge blocks are produced in different densities according to the place to be used. This value, which is expressed as the property of the sponge, is produced in different densities up to 32 kg / m<sup>3</sup>. 32 density material is very hard and there is no need for crushing. However, according to customer demands, the hardest material that will need to be crushed is 28 density. To determine the force required to be applied in the rollers of the crushing machine to crush the sponge with this feature, compression tests were carried out according to different crushing rates. In these experiments, the sponge pressing device in figure 6, which is located in the company and used to determine the sponge properties, was used. The force results obtained according to different crushing ratios as a result of these tests are given in Table 2. Here, a 200mmx200mmx120mm sponge was used to determine the required force for a block-shaped 1200mm-2000mm sponge. By proportioning the results obtained, the required force values were obtained for each crushing step according to the crushing ratio.



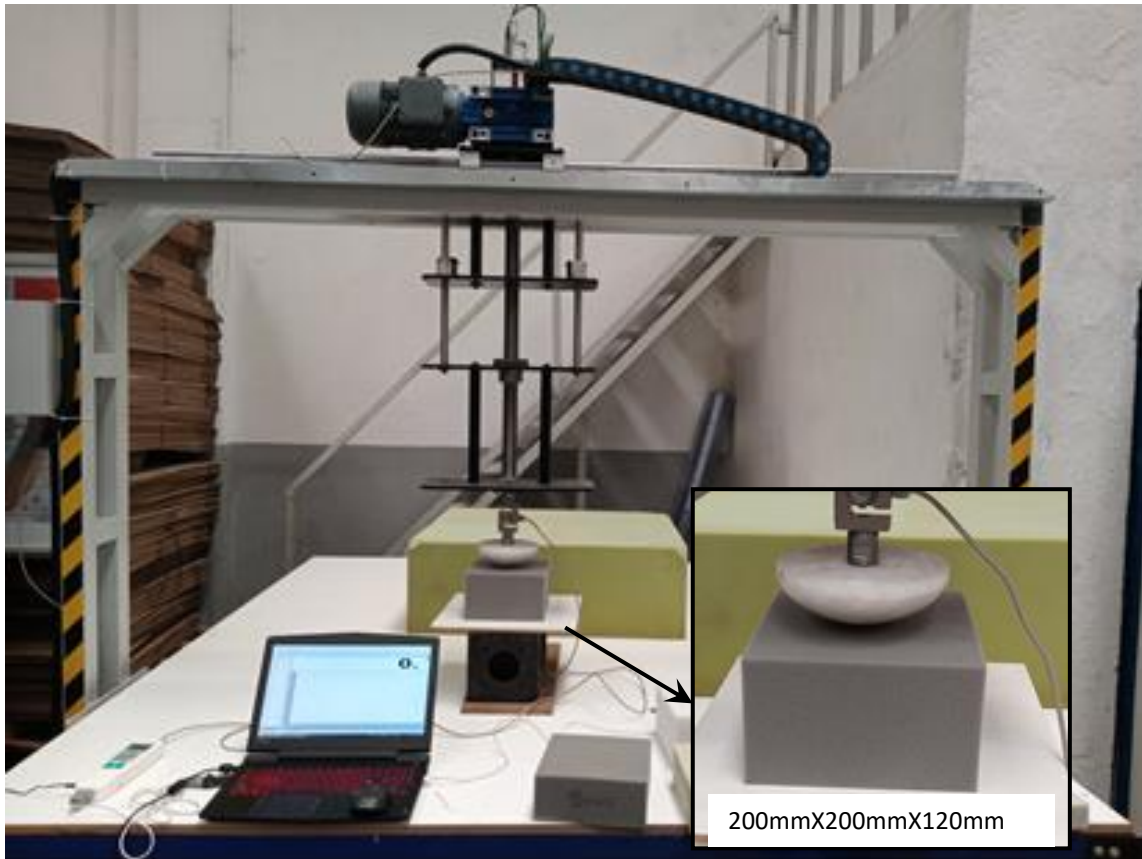


Figure 6. View sponge compression device and sponge sample

Table2. Result of Compression test

28 Density Foam											
Crush Rate	1,09	1,20	1,33	1,50	1,71	2,00	2,40	3,00	4,00	6,00	12,00
Force (N)	5,00	15,00	28,00	42,00	54,00	67,00	79,00	89,00	102,00	132,00	200,00

Considering the maximum crushing position for the designed crushing machine, the crushing process is carried out in 5 stages. The force values calculated for these 5 stages are given in Table 3.

Considering the maximum crushing position for the designed crushing machine, the crushing ratios between the upper and lower jaws were determined by the SolidWorks program. Under these conditions, the crushing process is carried out in 5 stages. The force values calculated for these 5 stages are given in Table 3. These determined forces were applied to the lower and upper roller in opposite directions at each stage. Loading conditions were applied on the roller and showed in Figure 7.

Table 3. The calculated forces according to the crushing stages

Crushing Stages	Crush Rate	Forces(N)
1.Stage	1,09	500
2.Stage	1,50	4200
3.Stage	2,34	7720
4.Stage	5,36	12240
5.Stage	8,57	16110

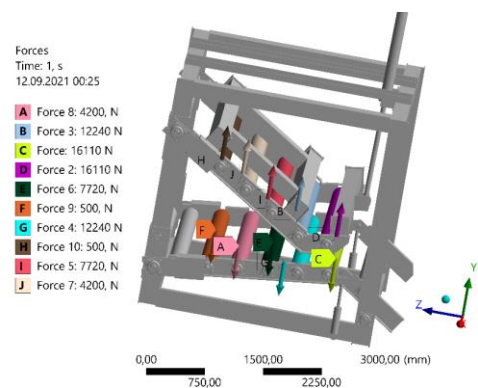


Figure 7. The Appearance of loads applied in crushing machine

## 4. Result

Static analysis is started by applying the forces obtained to the mechanical system whose meshing process is completed and sent to the relevant regions. After the analysis process, many mechanical properties related to the system are obtained both numerically and visually.



In order to comment on the model, firstly, the stress results were obtained. Critical regions and safety coefficients were

determined using Von Mises stress results. The results of the whole crusher system are given in Figure 9.

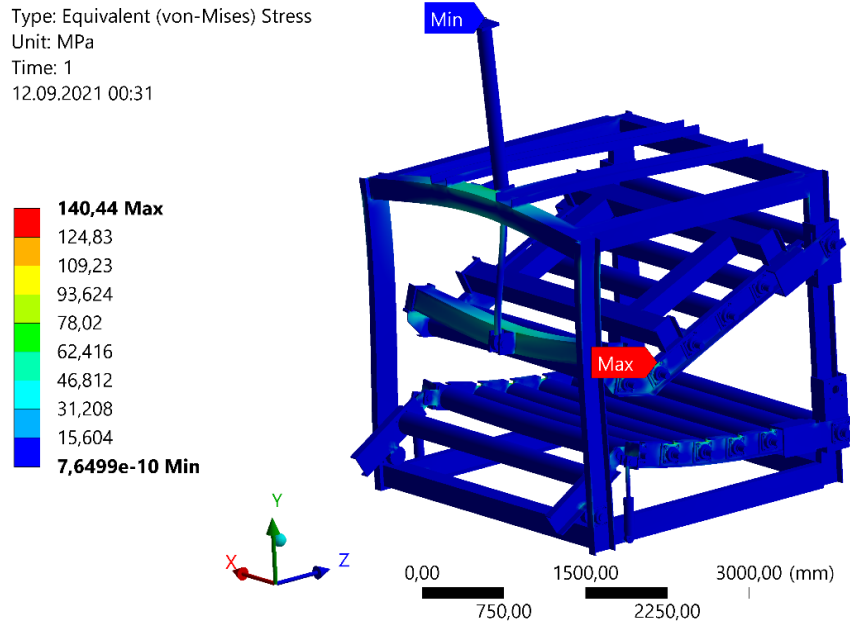


Figure 9. Von Mises stress distribution of the whole crusher

According to the given loading and boundary conditions, the maximum stress value on the system is 140.44 MPa, and it is seen that the crushing machine takes place in the upper jaw roller bear.

Since the crushing machine consists of many structures, the results of the machine components were also evaluated separately. The mainframe, lower and upper jaw stress values of the crushing machine are given in Figure 10.

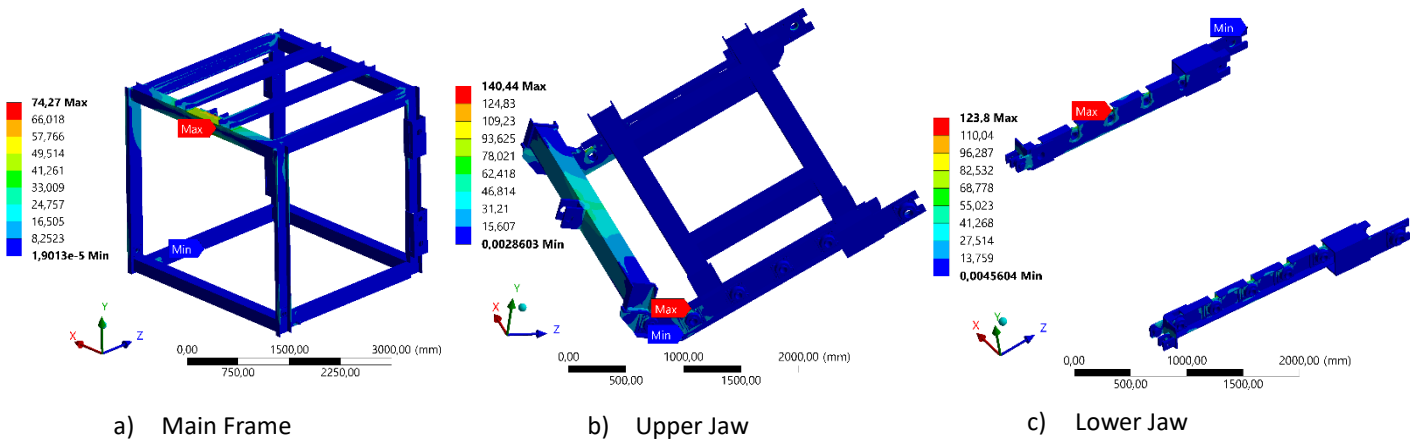


Figure 10. Von Mises stress distribution of crusher components a) Main Frame b) Upper Jaw c) Lower Jaw

As can be seen from the figure, there is a tension of 74.27 MPa in the main chassis, 123,8 MPa in the lower jaw, and a maximum of 140,44 MPa in the upper jaw.

The maximum stress ( $\sigma_{\text{equivalent}} = \sigma_{\text{Max}}$ ) that occurs in the part as a result of loading should always be a certain amount less than the yield strength ( $\sigma_{\text{yield}} = \sigma_f$ ) of the material. This ratio is determined by a coefficient defined below as the safe working

coefficient (SF, Safety factor) (Beer, E. Russell Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2012).

$$SF = \frac{\text{The yield strength of the material}}{\text{The equivalent maximum stress}}$$

According to the stress values obtained above for the crushing machine, the chassis, lower and upper jaw safety coefficient changes are given in Figure 11.

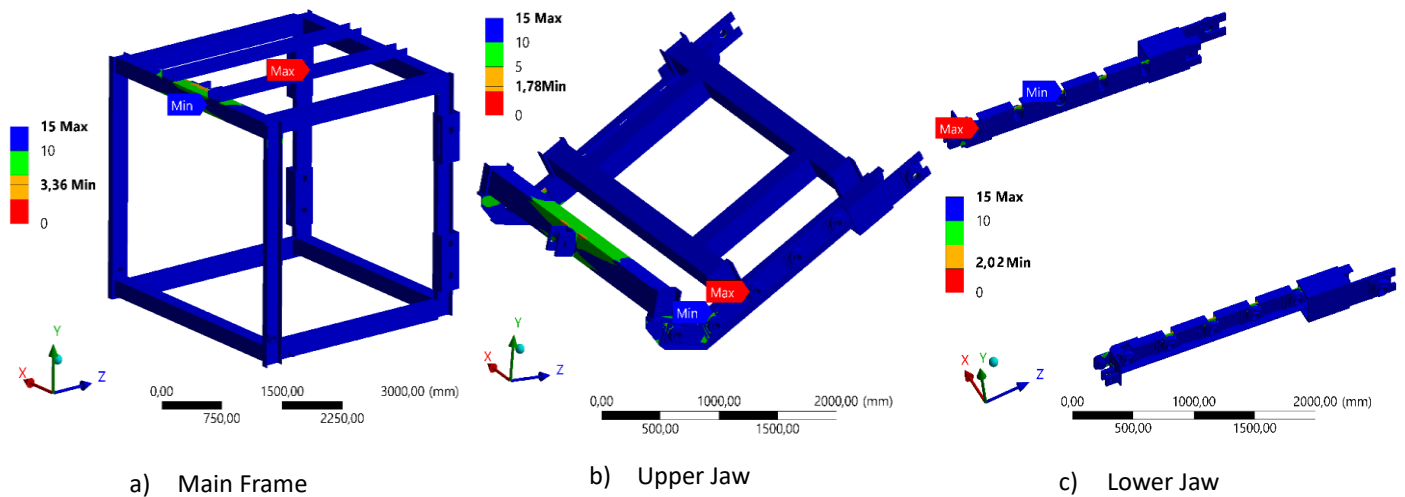


Figure 11. Safety factor values of crusher components a) Main Frame b) Upper Jaw c) Lower Jaw

When the safety coefficient results are examined, it is seen that the factor of safety is 1.78 for the upper jaw, 2.02 for the lower jaw, and 3.36 for the main chassis. In addition, the safety coefficients occurring in the left, right and upper hydraulic pistons were obtained as 3.93, 3.18, and 3.10, respectively. According to these results, it is understood that the crushing machine and its components are safe and secure in order to crush the highest set sponge. In addition, since the force values to be applied in the crushing of sponges with low hardness will be less, it is understood that both the tensile and safety coefficients will be better at the expected values. Although the upper jaw roller bearing is sufficient according to both the stress and safety coefficient results, the design can be strengthened by enlarging the preferred bearings for crushing harder sponges.

## 5. Conclusion

In this paper, an industrial foam crusher machine is designed and structural analysis of crusher body parts is realized for geometric optimization. For this aim, linear static analysis is performed and maximum Von Mises stress locations, safety coefficients, maximum displacement results, and required optimization locations are determined via ANSYS Workbench finite element software.

The results obtained provide useful information for the companies producing sponges in terms of machine design that can crush. In addition, this study is useful and realistic in terms of reducing the materials to be used for the production of sponge crusher machines. With advanced design optimization techniques, it is possible to produce mechanical parts in more suitable scales. In addition, with topological optimization, the results can be improved according to fatigue analysis in future studies.

## 6. Acknowledge

We would like to thank Kilim Furniture Company for their contribution to our work.

## References

- Aslan, T., Esim, E., Ustun, Y., & Donmez Ozkan, H. (2021). Evaluation of Stress Distributions in Mandibular Molar Teeth with Different Iatrogenic Root Perforations Repaired with Biodentine or Mineral Trioxide Aggregate: A Finite Element Analysis Study. *J Endod*, 47(4), 631-640. doi:10.1016/j.joen.2020.11.018
- Beer, F., E. Russell Johnston, J., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2012). *Mechanics of Materials*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Chen, Y., Das, R., & Battley, M. (2017). Finite element analysis of the compressive and shear responses of structural foams using computed tomography. *Composite Structures*, 159, 784-799. doi:10.1016/j.compstruct.2016.09.091
- De Mello, D., Pezzin, S. H., & Amico, S. C. (2009). The effect of post-consumer PET particles on the performance of flexible polyurethane foams. *Polymer Testing*, 28(7), 702-708. doi:10.1016/j.polymertesting.2009.05.014
- Demirel, S., & Ergun Tuna, B. (2019). Evaluation of the cyclic fatigue performance of polyurethane foam in different density and category. *Polymer Testing*, 76, 146-153. doi:10.1016/j.polymertesting.2019.03.019
- Demirtaş, A., & Bayraktar, M. (2019). Free Vibration Analysis of an Aircraft Wing by Considering as a Cantilever Beam. *Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology*, 7(1), 12-21. doi:10.15317/Scitech.2019.178
- Gok, A., Yapıcı, F., Gulsoy, S. K., Kurt, S., Altun, S., Kilinc, I., & Korkmaz, M. (2012). Determination of Static Fatigue Performance of Upholstery Foams. *Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty*, 12, 285-290.
- H.Ulrich. (1983). *Urethane Polymers*. *Kirk- Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York.: J. Wiley.
- Li, A., Yang, D. D., Li, H. N., Jiang, C. L., & Liang, J. Z. (2018). Flame-retardant and mechanical properties of rigid polyurethane foam/MRP/mg(OH 2/GF/HGB composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(31), 46551. doi:10.1002/app.46551
- Liu, W. (2021, 28-30 May 2021). *Research on Technical Transformation and Innovative Design of Polyurethane Sponge Cutting Machine*. Paper presented at the 2021 IEEE

- International Conference on Artificial Intelligence and Industrial Design (AIID).
- Marsavina, L., Sadowski, T., Constantinescu, D. M., & Negru, R. (2008). Failure of Polyurethane Foams under Different Loading Conditions. *Key Engineering Materials*, 385-387, 205-208. doi:10.4028/[www.scientific.net/KEM.385-387.205](http://www.scientific.net/KEM.385-387.205)
- Mustafa Tinkır, & Sezgen, H. Ç. (2017). Linear static analysis of hydraulic cylinder via finite element method. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, Volume 6, Number 1, (2017), 203-212, 6(1), 203-212.
- Quintero, M. W., Escobar, J. A., Rey, A., Sarmiento, A., Rambo, C. R., Oliveira, A. P. N. d., & Hotza, D. (2009). Flexible polyurethane foams as templates for cellular glass–ceramics. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(12-13), 5313-5318. doi:10.1016/j.jmatprotec.2009.03.021
- Samet Demirel , B. E. T. (2019). Constant-Fatigue Performance of Different Polyurethane Foams for Sitting Purposes. *Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty*, 19(2), 225-234.
- Yıldırım , Ş., Esim E., (2019). Modal Analysis of Double Beam Overhead Type Crane Systems by Finite Element Method. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 7, 975-988. doi:10.36306/konjes.627067



# Control of Attitude Dynamics of an Unmanned Aerial Vehicle with Reinforcement Learning Algorithms

Nurten Emer<sup>1\*</sup>, Necdet Sinan Özbek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2529-7739)

<sup>2</sup> Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7184-9015)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1021970)

**ATIF/REFERENCE:** Emer, N. & Özbek, N.S. (2021). Control of Attitude Dynamics of an Unmanned Aerial Vehicle with Reinforcement Learning Algorithms. *European Journal of Science and Technology*, (29), 351-357.

## Abstract

In this study, some applications of model-dependent and model-free learning based control techniques are presented for the control of attitude dynamics of vertical take-off and landing unmanned aerial vehicle. Towards this goal, reinforcement learning control algorithms are examined. Control algorithms are discussed and the main differences are presented. A number of numerical simulations are carried out on the attitude control of the system and the results are discussed. Performance evaluation of the proposed learning-based control method has been carried out.

**Keywords:** Model-free control, Reinforcement Learning Algorithms, Control Application, Stability, Unmanned Aerial Vehicles

# Pekiştirmeli Öğrenme Algoritmaları ile İnsansız Hava Aracının Duruş Dinamiklerinin Kontrolü

## Özet

Bu çalışmada, dikey kalkış ve iniş yapabilen insansız bir hava aracının duruş dinamiklerinin kontrolü için modele bağlı ve modelden bağımsız öğrenme tabanlı kontrol tekniklerinin bazı uygulamaları sunulmaktadır. Bu amaç için, pekiştirmeli öğrenme kontrol algoritmaları incelenmiştir. Kontrol algoritmaları ele alınmış ve temel farklar sunulmuştur. Sistemin durum kontrolü üzerinde bir takım sayısal benzetimler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Önerilen öğrenmeye dayalı kontrol yönteminin performans değerlendirmesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Modelden bağımsız kontrol, Pekiştirmeli Öğrenme Algoritmaları, Kontrol Uygulamaları, Kararlılık, İnsansız Hava Araçları

\* Corresponding Author: Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2529-7739, [nurtenemer2505@gmail.com](mailto:nurtenemer2505@gmail.com)



## 1. Introduction

Control systems and applications, which act key role in many technological developments, have rapidly evolving dynamics. In many technological development areas, research studies are carried out focusing on the basics such as being safer, being less costly, requiring less personnel power and saving time. Autonomous systems are important products of recent developments. Along with the developing technology, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) has recently become a development area that includes these foundations. UAVs can perform the necessary tasks without any onboard operator (Özbek, Önkol, & Efe, 2016) and can be controlled remotely or automatically. UAVs provide advantages over other aircraft owing to the ability to hover in the air, vertical take-off-landing, and superior mobility and maneuverability (Hayat, Yanmaz, & Muzaffar, 2016). Furthermore, UAVs offer a number of benefits such as reduced operating costs and increased safety (Sadraey, 2017). The ability of unmanned aerial vehicles to perform many different tasks, such as target tracking, observation, etc., has enabled them to be used actively in defense industry and civil applications. With these advantages, its popularity has increased in numerous tasks such as industrial, academic, government, military and civilian. They tend to be useful for many civil tasks such as forest fire detection (Leseq, Gentil, & Daraoui, 2014), security patrol (Zhong, Zhang, Zhang, Zuo, & Zhan, 2018), inspection of power lines (Luque-Vega, Castillo-Toledo, Loukianov, & Gonzalez-Jimenez, 2014), inspection of civil infrastructure, large-scale map making, documentation of archaeological sites (Çömert, Avdan, & Şenkal, 2012), visual inspection-manufacturing, and disaster management.

Control systems are the building blocks of many technological developments. It has been the subject of many articles based on model-based and model free control systems. In most control techniques, it is necessary to create a mathematical model of the system. The correct determination of the dynamics of the system is the basic step in the creation of the mathematical model (Boubakir, Labiod, Boudjema, & Plestan, 2014). However, systems are affected by many different uncertainties and external disturbances. These undesirable disturbances may cause poorly modeled systems and provide inefficient control. Model-free control systems are offered as a solution to eliminate this drawback (Ei, n.d.) (Coelho, Pessôa, Rodrigues Sumar, & Augusto Rodrigues Coelho, 2010).

The rapid development of unmanned aerial vehicles (UAVs) has brought a big impression on many countries to intensify their research and development activities in these areas. This has increased the investments made in the high-safety efficient systems and improved their production capabilities (Papachristos et al., 2018). It is known that the autonomous vehicles can perform their duties, with a number of sub-components such as the payload, battery system, actuators, control system,

navigation system, etc. according to the operational needs (Qi, Li, Ren, Lei, & Yang, 2021).

The decision-making mechanisms of unmanned systems are currently provided via the ground station or the command center. However, the developments of self-deciding drone systems and their active use in the near future are targeted by many countries. With this motivation in mind, this study elaborates a number of learning algorithms for the attitude control of quadrotor type aerial robots. The algorithms are addressed with an in depth discussion.

Furthermore, recent results on model-based and model-free control of UAVs can be summarized as follows. The elaborated control techniques are fuzzy control, artificial neural network-based control, feedback linearization, sliding mode control method, back stepping control method, and model predictive control. Fuzzy control of an unammanned aerial robot is demonstrated in (Santoso, Garratt, & Anavatti, 2020), wherein a PD-type fuzzy algorithm is integrated to follow a predetermined path. Yet another work elaborates high-order sliding mode control (Rezoug, Hamerlain, Achour, & Tadjine, 2015), in which the observer and the controller show satisfactorily good results in the presence of the external disturbances. A further study presents a reinforcement control of an autonomous aerial vehicle. Trajectory planning of load transportation with multi-quadrotors based on reinforcement learning algorithm is proposed in (Li, Zhang, & Han, 2021). An integral sliding mode controller combined with super-twisting algorithm is proposed in (Efe, 2011).

The contributions of this study are given as follows: The reinforcement learning algorithms are discussed with and in-depth assesment. Furthermore, control of the attitude dynamics, which is the core of unmanned aerial vehicle applications, are investigated through learning algorithms. From these aspects, the present research provides a practical guide of reinforcement learning algorithms for unmanned aerial vehicles.

This paper is organized as follows. The vehicle dynamics are presented in section II. The theoretical background and recent studies on the reinforcement learning algorithms are presented in Section III. Performance results for controlling the attitude dynamics are demonstrated in section IV. Finally, the concluding remarks are addressed in the last section.

## 2. The Vehicle Dynamics

UAVs, which can be designed for different purposes, sizes, and weights, are especially designed for dangerous missions (Loh, Yi Bian, & Roe, 2009). The vehicle control system is the basic unit that manages the UAV. Control system provides an adequate coordination with sub-systems such as actuators, guidance system, battery management system, sensors in the UAV. A case study for the simulation test of the controller is investigated to understand the inner and the outer loop of the UAV (Wang, 2020).

$$\begin{aligned} \ddot{\phi} &= \dot{\theta} \dot{\psi} \left[ \frac{I_{yy} - I_{zz}}{I_{xx}} \right] + \frac{J_r}{I_{xx}} \dot{\theta} \Omega_d + \frac{l}{I_{xx}} U_2 \\ \ddot{\theta} &= \dot{\phi} \dot{\psi} \left[ \frac{I_{zz} - I_{xx}}{I_{yy}} \right] - \frac{J_r}{I_{yy}} \dot{\phi} \Omega_d + \frac{l}{I_{yy}} U_3 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ddot{\psi} &= \dot{\theta} \dot{\phi} \left[ \frac{I_{xx} - I_{yy}}{I_{zz}} \right] + \frac{1}{I_{zz}} U_4 \\ \Omega_d &= -\Omega_1 + \Omega_2 - \Omega_3 + \Omega_4 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b & b & b & b \\ 0 & -b & 0 & b \\ -b & 0 & b & 0 \\ d & -d & d & -d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Omega_1^2 \\ \Omega_2^2 \\ \Omega_3^2 \\ \Omega_4^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\dot{X} = f(X, U) \quad (4)$$

The states and input vectors given in (4) are presented in (5) and (6) (Özbek, Önkol, & Efe, 2014).

$$\begin{aligned} x_1 &= \phi, \quad x_2 = \dot{\phi}, \quad x_3 = \theta, \quad x_4 = \dot{\theta}, \quad x_5 = \Psi, \quad x_6 = \dot{\Psi}, \\ x_7 &= x, \quad x_8 = \dot{x}, \quad x_9 = y, \quad x_{10} = \dot{y}, \quad x_{11} = z, \quad x_{12} = \dot{z} \end{aligned} \quad (5)$$

$$f(X, U) = \begin{bmatrix} x_2 \\ a_1 x_4 x_6 - a_2 x_4 \Omega_d + a_3 U_2 \\ x_4 \\ a_4 x_2 x_6 + a_5 x_2 \Omega_d + a_6 U_3 \\ x_6 \\ a_7 x_4 x_2 + a_8 U_4 \\ x_8 \\ \left( c_\phi s_\theta c_\psi + s_\phi s_\psi \right) \frac{1}{m} U_1 \\ x_{10} \\ \left( c_\phi s_\theta s_\psi + s_\phi c_\psi \right) \frac{1}{m} U_1 \\ x_{12} \\ -g + \left( c_\phi c_\theta \right) \frac{1}{m} U_1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Where the parameter are given as:  $a_1=(I_{yy}-I_{zz})/I_{xx}$ ,  $a_2=J_r/I_{xx}$ ,  $a_3=l/I_{xx}$ ,  $a_4=(I_{zz}-I_{xx})/I_{yy}$ ,  $a_5=J_r/I_{yy}$ ,  $a_6=l/I_{yy}$ ,  $a_7=(I_{xx}-I_{yy})/I_{zz}$ ,  $a_8=1/I_{zz}$ . As presented in the above literature, the critical part is to control the attitude dynamics of the system. Then, the tracking can be provided in Cartesian space. While determining the control parameters in the process of creating the model, the control system toolbox and trial-error PID tuning method are used (Ozbek, 2019).

### 3. Reinforcement Learning Algorithms

Reinforcement learning is one of the control methods frequently used in unmanned aerial vehicle systems. In this context, control of the vehicle is control with reinforcement learning (Yoo, Jang, Kim, & Johansson, 2021). In classical-based control methods that are not based on learning, it is necessary to determine the necessary parameters to control the system and to know the exact model of the system. However, it is not possible to accurately obtain the models of the complex

real systems, so the model that is closest to the system behavior is tried to be determined. In this context, the controller parameters obtained in computer simulations cannot provide the system to respond as desired. In cases where the model cannot be precisely known or extracted, learning the movements of the systems allows the system to be controlled. Reinforcement learning methods, which have a learning structure, consist of model-based and model-free algorithms (Zhu, Yao, Liu, Liu, & Liang, 2020).

Reinforcement learning techniques generate a reward or punishment value by considering whether the amount of error made is less or more than the amount of error made in the previous step. According to this calculated reward or penalty score, the system learning is continued and the parameters that will provide the best control are tried to be obtained. As a result of the determination of these parameters, a state action chart will be obtained, this chart will be used to provide control.

The reinforcement learning algorithms are classified into model-based and model-free learning algorithms. To mention a few, Value Iteration model is in the class of model-based algorithms. However, Q-Learning, Sarsa and Sarsa ( $\lambda$ ) algorithms do not need a model of the system (Hwangbo, Sa, Siegwart, & Hutter, 2017).

The basic philosophy of the reinforcement learning approaches is to provide a desired result by arranging the reward or punishment progress. The tabulated values of the state vector,

the possible values of the control signal, and the reward values are determined for each combination than the control signal that will produce the desired behavior is selected among the states with the highest reward value (Elhaki & Shojaei, 2021). This learning method can be performed both depending on the model and free of the system model. A number of numerical simulations were carried out on the attitude control of the system and the results are discussed.

### 3.1. Model-based learning algorithms

In the model-based learning method, it is assumed that the environmental model parameters  $p(r_{t+1}|s_t, d_t)$  and  $p(s_{t+1}|s_t, a_t)$  are known (Polydoros & Nalpantidis, 2017a). Under these assumptions, the optimal value function and rule can be calculated directly using dynamic programming without the need for any model analysis. Once we know the optimal value function, the optimal policy (rule) is to choose the move that maximizes the reward value in the next case.

In cases where system dynamics and model parameters are known, methods that train using the model are widely used. The model-based Value Iteration algorithm tries to determine the most appropriate response in the situations to be encountered by visiting all possible state and motion pairs. When the appropriate  $V^*$  value is found in the Value Iteration algorithm, the algorithm will converge to a fixed value. The pseudocode of the method can be given as follows (Polydoros & Nalpantidis, 2017b).

Table 1. Pseudocode for model-based learning

Determine the values  $V(s)$  arbitrarily

Do

$$\forall s, s \in S$$

$$\forall a, a \in A$$

$$Q(s, a) \leftarrow E[r | s, a] + \gamma V(s')$$

$$V(s) \leftarrow \max_a Q(s, a)$$

$$V(s) < \kappa$$

Here, the variable  $s$  is the state, and the variable  $S$  is the predetermined state space. Further,  $a$  is the move in the predetermined move space,  $Q(s, a)$  is the reward value corresponding to the  $a$  move.  $V(s)$  is the value at which  $Q(s, a)$  is the largest,  $V(s')$  is the highest reward value obtained for the expected situation with the applied movement, and  $\gamma$  is the efficiency value.

A threshold value is set ( $\kappa$ ) to determine the convergence of the algorithm, and if the change in reward value between two iterations is less than this threshold value, the most appropriate move for that situation is said to have been

determined. Provided that  $l$  is the iteration counter, the convergence formula can be given as follows,

$$\max_{s \in S} |V^{l+1}(s) - V^l(s)| < \kappa \quad (7)$$

In the rule iteration method, we save and update the rule directly instead of updating the rule over the reward values. Each iteration of the algorithm takes more time than the value iteration algorithm, but it needs less iteration than the rule iteration value iteration algorithm. The pseudocode of the algorithm is as follows.

Table 2. Pseudocode for modified model-based learning

<p>Start the <math>\pi</math> rule arbitrarily</p> <p>Do</p> <p style="padding-left: 20px;"><math>\pi \leftarrow \pi'</math></p> <p>By solving the linear equations to <math>\pi</math> value.</p> $V^\pi(s) = E[r   s, \pi(s)] + \gamma \sum_{s' \in S} P(s'   s, \pi(s)) V^\pi(s')$ <p>Update the rule</p> $\pi'(s) \leftarrow \arg \max \left( E[r   s, a] + \gamma \sum_{s' \in S} P(s'   s, a) V^\pi(s') \right)$
--

Under these assumptions, the optimal value function and rule can be calculated directly using dynamic programming without the need for any model analysis. Once we know the optimal value function, the optimal policy (rule) is to choose the move that maximizes the reward value in the next case.

### 3.2. Model-free learning algorithms

Model-free learning-based control methods play an important role in increasing the control performance of various complex systems. If the results and rewards of the moves are not deterministic, there is a probabilistic distribution for the reward value  $p(r_{t+1} | s_t, a_t)$ . This allows us to model uncontrollable environmental uncertainties in the system. In such a case, the reward definition of the state-action pair can be made as follows,

$$Q(s_t, a_t) = E(r_{t+1}) + \gamma \sum_{s_{t+1}} P(s_{t+1} | s_t, a_t) \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) \tag{8}$$

Direct value assignment cannot be made, as different responses may be obtained or different situations can be reached when the same action is applied for the same situation at

different times. In this case, the Q-Learning algorithm is used. The update function used in the Q-Learning algorithm is as follows.

$$\hat{Q}(s_t, a_t) \leftarrow \hat{Q}(s_t, a_t) + \eta (r_{t+1} + \gamma \max_{a_{t+1}} \hat{Q}(s_{t+1}, a_{t+1}) - \hat{Q}(s_t, a_t)) \tag{9}$$

The value of  $\eta$  given in Equation (9) is known as the degree of learning and training is done by gradually decreasing it. The reward matrix  $Q(s_t, a_t)$  obtained as a result of the Q-Learning algorithm will be composed of the most appropriate (optimal) values. It is to be noted that the Q-Learning algorithm is an off-policy algorithm, that is, the result of the best rule to be applied in the next step is determined without using it.

developing the Q-Learning algorithm. Sarsa algorithm is on-policy type, that is, the reward matrix can be calculated by considering the rule to be applied in the next step. In the Sarsa algorithm, instead of looking at all possible moves and choosing the best one, the rule derived from the reward values obtained for the next single move is used and the temporary difference is calculated using the reward value. On-policy methods try to estimate the value of the rule while using the rule to find motion values. The pseudocode of the Sarsa algorithm is as follows,

As previously stated, the Q-Learning algorithm is an off-policy type method. However, the Sarsa algorithm is obtained by

Table 3. Pseudocode for Sarsa-learning algorithm

<p>Determine the <math>Q(s, a)</math> values arbitrarily</p> <p>Determine the <math>s</math></p> <p>Use the <math>\epsilon</math> greedy algorithm to find the appropriate movement (<math>a</math>) in Q matrix</p> <p>Do the iteration</p> <p style="padding-left: 20px;">Apply (<math>a</math>) to the system, observe <math>r</math> and <math>s'</math> values</p> <p style="padding-left: 20px;">Use the <math>\epsilon</math> greedy algorithm to find the appropriate movement (<math>a'</math>) in Q matrix</p> <p>Update <math>Q(s, a)</math></p> $Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \eta (r + \gamma Q(s', a') - Q(s, a))$ <p><math>s \leftarrow s', a \leftarrow a'</math></p>
---



However, in Sarsa ( $\lambda$ ), the frequency of visits of previously visited situations is kept in memory and the reward

matrix is updated by taking into account the frequency of visits. The pseudocode of the Sarsa ( $\lambda$ ) algorithm is as follows.

Table 4. Pseudocode for Sarsa ( $\lambda$ ) learning algorithm

Determine the  $Q(s, a)$  values arbitrarily

Determine the  $s$

Use the  $\epsilon$  greedy algorithm to find the appropriate movement ( $a$ ) in Q matrix

Do the iteration

Apply  $a$  to the system, observe  $r$  and  $s'$  values

Use the  $\epsilon$  greedy algorithm to find the appropriate movement ( $a'$ ) in Q matrix

Update  $Q(s, a)$

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \eta(r + \gamma Q(s', a') - Q(s, a))$$

$$s \leftarrow s', a \leftarrow a'$$

## 4. Results and Discussion

The controller designed for the vehicle with reinforcement learning is obtained using the Sarsa ( $\lambda$ ) learning algorithm. A reference of the vehicle is to keep the vehicle in its stable position around the zero. Angular position errors are given in Figure 1, wherein the results are observed fairly well.

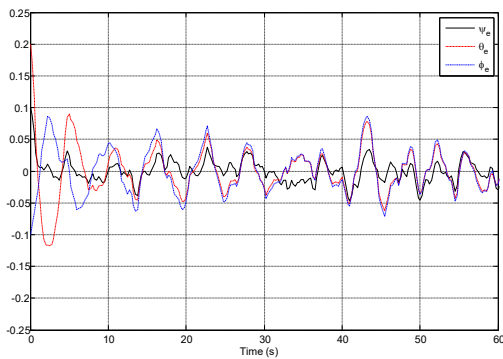


Figure 1. Stabilization of attitude dynamics with reinforcement learning algorithm

The position errors that occur with the sarsa lambda algorithm of the revolving wing system are given in Figure 2. The performance of the controller shows satisfactorily good results to track the reference trajectory in Cartesian space.

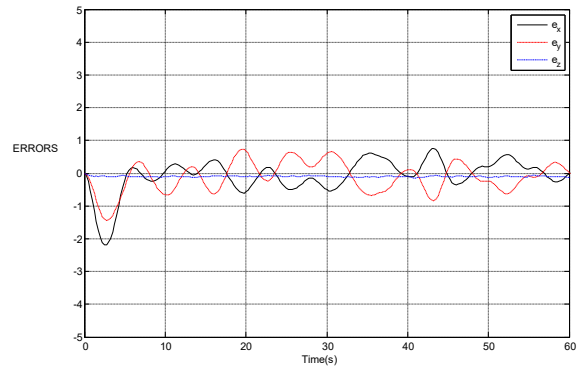


Figure 2. Position errors with reinforcement learning algorithms

## 5. Conclusions and Recommendations

The main goal of the current research is to discuss the reinforcement learning algorithms for UAV. Furthermore, it is aimed to guide the control researchers on the modelling and control of a vertical take-off and landing aerial robot. With this motivation in mind, recent studies on the learning algorithms for UAV discussed. Furthermore, the numerical simulations of learning-based algorithms for the attitude control of the UAV are presented. Future works will focus on the design, analysis, and implementation of different model-free algorithms for UAVs.

## 6. Acknowledgement

The authors would like to thank the editor and anonymous reviewers for careful reading of the manuscript. This work is financially supported by the Scientific Research Unit of Adana Alparslan Turkes Science and Technology University under the 20303003 project number.

## References

Boubakir, A., Labiod, S., Boudjema, F., & Plestan, F. (2014). Model-free controller with an observer applied in real-time to a 3-DOF helicopter. *Turkish Journal of Electrical Engineering*

- and *Computer Sciences*, 22(6), 1564–1581. <https://doi.org/10.3906/elk-1204-54>
- Coelho, L. dos S., Pessôa, M. W., Rodrigues Sumar, R., & Augusto Rodrigues Coelho, A. (2010). Model-free adaptive control design using evolutionary-neural compensator. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 499–508. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.042>
- Çömert, R., Avdan, U., & Şenkal, E. (2012). *İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler*. 16–19.
- Efe, M. Ö. (2011). Integral sliding mode control of a quadrotor with fractional order reaching dynamics. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 33(8), 985–1003. <https://doi.org/10.1177/0142331210377227>
- Ei, G. R. (n.d.). *Model-free control of dc / dc converters*.
- Elhaki, O., & Shojaei, K. (2021). A novel model-free robust saturated reinforcement learning-based controller for quadrotors guaranteeing prescribed transient and steady state performance. *Aerospace Science and Technology*, 119, 107128. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2021.107128>
- Hayat, S., Yanmaz, E., & Muzaffar, R. (2016). Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks for Civil Applications: A Communications Viewpoint. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 18(4), 2624–2661. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2560343>
- Hwangbo, J., Sa, I., Siegwart, R., & Hutter, M. (2017). Control of a Quadrotor With Reinforcement Learning. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(4), 2096–2103. <https://doi.org/10.1109/LRA.2017.2720851>
- Lesecq, S., Gentil, S., & Daraoui, N. (2014). Quadrotor attitude estimation with data losses. *2009 European Control Conference, ECC 2009*, 3851–3856. <https://doi.org/10.23919/ecc.2009.7075000>
- Li, X., Zhang, J., & Han, J. (2021). Trajectory planning of load transportation with multi-quadrotors based on reinforcement learning algorithm. *Aerospace Science and Technology*, 116, 106887. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2021.106887>
- Loh, R., Yi Bian, & Roe, T. (2009). UAVs in civil airspace: Safety requirements. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 24(1), 5–17. <https://doi.org/10.1109/MAES.2009.4772749>
- Luque-Vega, L. F., Castillo-Toledo, B., Loukianov, A., & Gonzalez-Jimenez, L. E. (2014). Power line inspection via an unmanned aerial system based on the quadrotor helicopter. *Proceedings of the Mediterranean Electrotechnical Conference - MELECON*, (April), 393–397. <https://doi.org/10.1109/MELCON.2014.6820566>
- Ozbek, N. S. (2019). An Evaluation of Model-Free Control Strategies for Quadrotor Type Unmanned Aerial Vehicles. *2019 International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics (ICAAID)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICAAID.2019.8935001>
- Özbek, N. S., Önkol, M., & Efe, M. Ö. (2014). Dönerkanat Tipinde Bir İnsansız Hava Aracının Farklı Yöntemlerle Kontrolü ve Performans Analizi. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, 11–13. Kocaeli.
- Özbek, N. S., Önkol, M., & Efe, M. Ö. (2016). Feedback control strategies for quadrotor-type aerial robots: a survey. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 38(5), 529–554. <https://doi.org/10.1177/0142331215608427>
- Papachristos, C., Dang, T., Khattak, S., Mascarich, F., Khedekar, N., & Alexis, K. (2018). Modeling, Control, State Estimation and Path Planning Methods for Autonomous Multirotor Aerial Robots. *Foundations and Trends in Robotics*, 7(3), 180–250. <https://doi.org/10.1561/23000000058>
- Polydoros, A. S., & Nalpantidis, L. (2017a). Survey of Model-Based Reinforcement Learning: Applications on Robotics. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 86(2), 153–173. <https://doi.org/10.1007/s10846-017-0468-y>
- Qi, D., Li, Z., Ren, B., Lei, P., & Yang, X. (2021). Detection and Tracking of a Moving Target for UAV Based on Machine Vision. *2021 7th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)*, 173–178. <https://doi.org/10.1109/ICCAR52225.2021.9463501>
- Rezoug, A., Hamerlain, M., Achour, Z., & Tadjine, M. (2015). Applied of an adaptive Higher order sliding mode controller to quadrotor trajectory tracking. *2015 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, 353–358. <https://doi.org/10.1109/ICCSCE.2015.7482211>
- Sadraey, M. (2017). Unmanned Aircraft Design: A Review of Fundamentals. *Synthesis Lectures on Mechanical Engineering*, 1(2), i–193. <https://doi.org/10.2200/S00789ED1V01Y201707MEC004>
- Santoso, F., Garratt, M. A., & Anavatti, S. G. (2020). Hybrid PD-Fuzzy and PD Controllers for Trajectory Tracking of a Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle: Autopilot Designs and Real-Time Flight Tests. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2019.2906320>
- Wang, L. (2020). PID Control of Multi-rotor Unmanned Aerial Vehicles. In *PID Control System Design and Automatic Tuning using MATLAB/Simulink* (pp. 305–326). <https://doi.org/10.1002/9781119469414.ch10>
- Yoo, J., Jang, D., Kim, H. J., & Johansson, K. H. (2021). Hybrid Reinforcement Learning Control for a Micro Quadrotor Flight. *IEEE Control Systems Letters*, 5(2), 505–510. <https://doi.org/10.1109/LCSYS.2020.3001663>
- Zhong, Y., Zhang, Y., Zhang, W., Zuo, J., & Zhan, H. (2018). Robust Actuator Fault Detection and Diagnosis for a Quadrotor UAV with External Disturbances. *IEEE Access*, 6, 48169–48180. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2867574>
- Zhu, P., Yao, S., Liu, Y., Liu, S., & Liang, X. (2020). Autonomous Reinforcement Control of Underwater Vehicles based on Monocular Depth Vision. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 9201–9206. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2186>



# Müşteri Hizmetleri Yönetiminde Yapay Zeka Temelli Chatbot Geliştirilmesi

İsmail İşeri<sup>1\*</sup>, Özkan Aydın<sup>2</sup>, Kaan Tutuk<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0442-1406)

<sup>2</sup> Selekt Bilgisayar İletişim Ürünleri İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, Türkiye

<sup>3</sup> Selekt Bilgisayar İletişim Ürünleri İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, Türkiye

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1025380)

**ATIF/REFERENCE:** İşeri, İ., Aydın, Ö. & Tutuk, K. (2021). Müşteri Hizmetleri Yönetiminde Yapay Zeka Temelli Chatbot Geliştirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, (29), 358-365.

## Öz

Chatbot yani sohbet robotu; kullanıcıların bilgisayar ile sesli veya yazılı olarak iletişime geçtiği bir uygulamadır. Günümüzde chatbotlar yaygın olarak birçok sektörde kullanılmaktadır. Chatbotlar kural tabanlı ve makine öğrenme temelli olmak üzere temel olarak iki şekilde tasarlanmaktadır. Bu çalışmada gerçek bir işletmenin çağrı merkezi işlemlerini yönetebilmek adına makine öğrenimi ile çeşitli doğal dil işleme (NLP) teknikleri kullanılarak bir chat bot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu sohbet robotunun geliştirilmesindeki temel amaç kullanıcıların firma veya firma ürünleri hakkındaki soru veya soruları karşısında bir çalışana ihtiyaç duymadan hızlı ve efektif bir şekilde çözüm bulmasıdır. Bu sohbet robotunda kullanıcı sorular sorarak girdiler oluşturmaktadır. Bu girdilere yanıt olarak ise veri setinde uygun alan altındaki oluşturulmuş responses alanı cevap olarak kullanıcıya dönmektedir. Veri setinde ise niyet, bu niyete ait olan patern ve verilmesi gereken cevaplar bulunan bir json dosyası kullanılmaktadır. Veri setini oluşturan patern ve cevaplar firmanın sıkça sorulan sorular (S.S.S) bölümüyle birlikte, firmanın çağrı merkezine gelen telefon konuşmaları ve whatsapp müşteri hizmetleri hattındaki veriler ile oluşturulmuştur. Eğitilen model 32 gün boyunca her gün belli saat aralıklarında canlı olarak devreye alınmış ve chatbotun sorulan sorulara karşın verdiği cevapların oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Chatbot, Yapay Zeka, BertModeli, NLP

## Artificial Intelligence Chatbot Development in Customer Service Management

### Abstract

It is an application where users communicate with the computer by voice or in writing. Today, chatbots are widely used in many industries. Chatbots are basically designed in two ways: rule-based and machine learning-based. In this study, a chat bot design was carried out using machine learning and various natural language processing (NLP) techniques in order to manage the call center operations of a real business. The main purpose of the development of this chat robot is to find solutions quickly and effectively without the need of an employee in the face of questions or questions about the company or company products. In this chatbot, the user creates inputs by asking questions. In response to these inputs, the responses field created under the appropriate field in the data set returns to the user in response. In the dataset, a json file is used with the intent, the pattern belonging to this intent and the answers to be given. The pattern and answers that make up the data set were created with the frequently asked questions (FAQ) section of the company, phone calls from the company's call center and data from the whatsapp customer service line. The trained model was activated live at certain hours every day for 32 days and it was seen that the answers given by the chatbot were quite high despite the questions asked..

**Keywords:** Chatbot, Artificial Intelligence, BertModel, NLP

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Ondokuzmayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0442-1406, [ismail.iseri@omu.edu.tr](mailto:ismail.iseri@omu.edu.tr)

## 1. Giriş

Sohbet botları, metin yoluyla veya ses yoluyla kullanıcıları ile etkileşimde olan kendi başlarına ve bir insanın yardımına ihtiyaç duymadan bir çok görev ve görevleri yerine getirmek için oluşturulmuş bir yapay zeka yazılımıdır.

Sohbet botlarının bugünlere kadar uzanan yolculuğu ilk olarak 1950 yılında İngiliz matematikçi, bilgisayar bilimcisi ve kriptolog olan Alan Turing'in Mind adlı felsefe dergisinde yayınladığı ünlü makalesi COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE makalesi [1] ile başlamıştır.

Yıllar geçtikçe ilerleyen teknoloji, buluşlar ve insanların ihtiyaçlarıyla bugünlere kadar gelmiş ve halen gelişimini sürdürmektedir. Bilgi iletişim teknolojilerinin sonucu olarak ortaya çıkmış olan chatbotlar işletmelerin, şirketlerin, fabrikaların müşterisiyle olan ilişkilerini yönetmede yeni metotlar sunmaktadır. Bu sebepten dolayı chatbotlar ve bu chatbotların oluşumunda, faaliyetinde süregelen yazılım ve yazılım araçları ticari bir ögeye bürünmektedir. Yapılan araştırmalarda ise kullanıcıların %68 gibi bir çoğunluğu bir firma canlı desteğiyle iletişime geçmek yerine chatbotlar ile iletişime geçmeyi tercih etmekte [2] Ve kullanıcılar bu araştırmada iletişim için bir insanla etkileşimde olmanın önemli olmadığını ve chatbotun iletişimdeki en kolay yol olduğunu belirtiyor. Başka bir araştırmada ise 5 yıl içerisinde chatbotların bankalara kullanıcılarla iletişimi başına 0,5-0,7 Dolar arasında bir miktarda tasarruf sağlamasını beklediğini söylemektedir. [3] Bu araştırmalar ışığında chatbotların gelecekte daha çok kullanılacağı bu pazarında büyümesiyle birlikte chatbotların arkasındaki teknoloji, araçlar, modellerde orantılı bir şekilde değişim ve gelişime uğrayacağı aşikardır. Bir chatbotun birçok işlevi bulunmaktadır. Kullanıcılarına data toplamak, göstermek, hava durumu tahminlerinden haberdar etmek, bankacılık işlemlerinde isteklerini yerine getirmek, sohbet edebilmek, günlük dijital ortamdaki işlerini yaptırmak, bir kullanıcının firmayla olan soru veya sorunlarını hızlı bir şekilde çözüme kavuşturmak, gibi birçok özelliğini sayabiliriz. İnsanların günümüzde neredeyse her alanda önüne çıkan bu chatbotlar için genellikle kullanılan iki türünden söz edebiliriz. Bu chatbotlardan ilki kullanıcı arayüzünün arka tarafında önceden oluşturulmuş olan kurallara eylemlere tabii olan kural tabanlı veya görev tabanlı chatbotlardır. Bu chatbotlarda genel olarak sınıflandırma algoritmaları kullanarak oluşturulmaktadır. Bu chatbot uygulamalarında, n adet konu ve n adet cevabın bir listesini içermektedir. Uygulamada, sınıflandırılacak olan girdinin veya konunun tahminleme sonucunda düşük bir olasılığı çıktığında kullanıcıdan daha özel ve sorununu veya sorusunun ifadesinde spesifik tanımlar kullanmasını soruyu tekrar etmesi istenmektedir.

Diğer chatbot türünde ise daha karmaşık ve daha gelişmiş bir yapı bulunmaktadır. Kullanıcıya verdiği yanıtlar daha kişiselleştirilmiş ve daha uygun olabilmektedir. Özel bir Tekrarlayan Sinir Ağı olan ve metin üretme gibi oldukça sık kullanılan LSTM ile kullanıcı girdilerini daha iyi anlayabilmekte ve işlemler sonucunda kullanıcıya en makul, en mantıklı yanıtı döndürmektedir. Chatbot alanında öne çıkan akademik çalışmalar ve uygulamalardan bahsedecek olursak; Ming Hsiang Su, Chung Hsien Wu, Kun Yi Huang, Qian Bei Hong, Hsin Min Wang grup üyeleri tarafınca yapılmış olan bu çalışmada yaşlılar için yapılmış olan bir chatbot bulunmaktadır. Bu çalışmada Multimedia İnsan

Makine İletişimi (MHMC) isimli laboratuvar tarafından toplanan bir duygusal veri tabanı kullanılmaktadır. Çalışmada LSTM tabanlı çok katmanlı bir gömme modeli kullanılmıştır [4]. Başka bir çalışma ise Diyalog sistemleri tasarlama: Ortalama, huysuz, göz atmada alaycı chatbot Bu yapay zeka chatbot araştırma makalesinde, etkileşim oluşumu sürecinden alaycı ve esprili cevaplar oluşturan derin öğrenmeyi temel alan bir diyalog sistemini araştırmaktadır. Araştırmacılar, ortalama, huysuz, alaycı chatbotun temeli olan 3000 soru-cevap çiftinden oluşan özenle seçilmiş bir veri seti üzerinde bir seq2seq modeli eğitmektedirler [5]. Bir diğer çalışmada ise Bir Üniversite Alışveriş Merkezi için E-Ticaret Chatbotunun Geliştirilmesi konusu üzerinde durulmuştur. Geliştirilen bu chatbot'un amacı, kullanıcıların alışveriş merkezini ziyaret etmeden önce almak istedikleri ürünler hakkında bilgi almak ve ürünler için online ödeme yapmak gibi kolaylıkları chatbot ile zahmetsiz bir şekilde sağlamasıdır [6]. Diğer yapılmış bir çalışma ise seq2seq LSTM Modeli ile Telegram Bot Uygulaması'dır. Bu çalışmada araştırmacılar LSTM (Uzun Kısa Süreli Bellek) ve seq2seq modeli ile bir telegram mesajlaşma uygulamasında kullanılmak üzere bir bot geliştirmektedirler. Bu çalışmada Uzun Kısa Süreli Bellek kullanılması daha sonraki konuşma eylemini tahminlemek için konuşma geçmişine geri dönüş yapılabilmesini sağlamıştır [7]. Diğer bir çalışma ise İş dünyasındaki chatbot gelişmeleridir. Bu çalışma, chatbot'un işletmeye olduğu kadar işletmeye de nasıl etki ettiğini, chatbot'un ne gibi özelliklere ihtiyaç duyduğunu ve iş ortamında uyumlu olabilmesi için chatbot'un nasıl geliştirilmesi gerektiğini belirlemeyi amaçlamaktadır [8]. Kronik hasta desteği için mikro hizmet sohbet robotu mimarisi çalışmasıyla ile kronik hastalıkları veya komorbiditeleri olan hastaların, durumlarını takip edebilen, spesifik bilgiler sağlayan, ilaca uyumu teşvik eden vb. sohbet robotlarından en fazla fayda sağlayabilen. Bu işlevleri gerçekleştirmek için sohbet robotlarının uygun bir temel yazılım mimarisine ihtiyacı olduğunu ve bu yazıda, kronik hasta desteği için üç sütuna dayanan bir sohbet robotu mimarisi tanımlanmaktadır [9]. Bu çalışma Finansal sürdürülebilirlik için sohbet robotlarıyla alakalıdır. Çalışmada yapay zekanın (AI) uygulandığı endüstri talebi için teknoloji etkinliği incelemektedir [10]. Bir Konuşma Aracı: Chatbot. Bu makale, bir Chatbot sisteminin tasarımını ve uygulamasını ele almaktadır. Ayrıca Chatbot'ların yararlı olabileceği başka bir uygulamayı ve Chatbot tasarlarken kullanılan teknikleri incelemektedir [11]. ALICE sohbet robotu: Denemeler ve çıktılar. Bu makale, ALICE sohbet robotuna, onun AIML formatına ve bir korpus yaklaşımına dayalı olarak otomatik olarak farklı ALICE prototipleri oluşturmaya yönelik deneyimlere genel bir bakış sunmaktadır [12]. Gençlerle Birlikte ve Gençler İçin Akıl Sağlığı ve Refahı Sohbet Robotu Geliştirmek isimli makalede ise Chatbot'un nasıl geliştirildiği tartışılmaktadır ve bu dijital araçtan yararlanacak kilit paydaşlar olan gençlerle katılımcı, ortak tasarım sürecini vurgulamaktadır. Görüşmelerden ve anketlerden elde edilen araştırmalar, Chabot kişiliğinin yaratılması ve karakter tasarımı hakkında bilgi verilmektedir [13]. Sağlık Sohbet Robotu isimli çalışmada hastaların sohbet robotu ile etkileşime girmesine yardımcı olmaktadır. Bu sağlık hizmeti sohbet robotu, kullanıcıların sorgularını yanıtlama konusunda rahat olmalarını sağlamak için çevrimdışı moda da sahiptir [14]. Bilgi güvenliği için bir chatbot bu yazıda bilgi güvenliğinde danışman olarak görev yapan bir chatbot önerilmiştir. Önerilen danışman, json dosyası içeren bir bilgi tabanı kullanır. Bu tür bir chatbot'a sahip olmak, birçok kullanıcıya farklı konularda bilgi güvenliği uzmanlarından farklı



görüşlere dayalı doğru tavsiyeler sunarak bilgi güvenliği alanında farkındalık yaratmak gibi birçok özellik sağlamaktadır [15]. Uzaktan eğitim asistanı olarak bir chatbot tasarımı EconBot adlı sohbet robotu veya sohbet robotu biçiminde bir sanal asistan olan , 2017'den itibaren öğrencilerin kullanımına sunuldu. Özellikleri ve işlevleri, kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi ve bu tür teknolojik yeniliklerin uygulanmasında öğretmenlerin rolünü vurgulamaktadır [16]. Diana'ya Sor: Suyla ilgili afet yönetimi için anahtar kelime tabanlı bir sohbet robotu sistemi. Bu çalışmada afet yönetimi, afetle ilgili verilerin karmaşık özellikleri nedeniyle zor ve meşakkatli kabul edilmiştir. Bu problemle başa çıkmak için bu araştırma, suyla ilgili bir felaket veritabanı, bir kullanıcı niyet mekanizması ve sezgisel bir mobil cihaz tabanlı kullanıcı arayüzü ile bir sohbet robotu sistemi geliştirilmiştir. Böyle bir sistemle kullanıcılar, önerilen chatbot'a doğrudan sorarak veya görüntü tabanlı menüleri çalıştırarak karar vermek için ihtiyaç duydukları önemli veriler veya bilgilere erişilebilmektedir [17]. Sosyal mevcudiyet ve chatbot hatalarının güvene etkisi. Bu makale, Yapay Zeka (AI) sohbet robotlarının dijital alanda müşterileri destekleyerek olumlu değişim yaratma potansiyelini araştırmaktadır [18]. GameBot: Spor oyunları için görselleştirme ile güçlendirilmiş bir sohbet robotu GameBot, kullanıcının istatistiklerle ilgili sorularına doğrudan yanıtlar ve spor hayranlarının istatistiklerle ilgili soruları için destekleyici bağlam olarak veri görselleştirmelerinin kullanımını içermektedir [19]. Chatbot tabanlı turist önerileri: Bu yazıda, insanların otel rezervasyonu yapmak, gezi planlamak ve görülmeye değer ilginç yerler istemek amacıyla metinsel olarak iletişim kurmasına olanak tanıyan e-turizm için bir Chatbot'un arkasındaki temel

yöntem ve teknolojileri sunulmakta [20]. Bu çalışmadaki amacımız firmadan aldığımız Sıkça sorulan sorular (S.S.S) bölümündeki firma kullanıcılarının firmaya sorduğu soruları, öğrenmek istedikleri, aklına takılan sorular ve cevaplarından oluşturduğumuz veri setini kullanarak görev tabanlı bir biçimde derin öğrenme algoritmaları ile modelimizi eğitip kullanıcılara cevaplar iletmektir. Makalenin ikinci bölümünde kullandığımız materyallerden, üçüncü bölümde ise kullandığımız yöntemlerden, dördüncü ve beşinci bölümünde uygulama ve sonuç kısmından bahsedilecektir

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Veri Seti

Çalışma kapsamında Samsung'da yer alan bir teknoloji firmasının sıkça sorulan sorular (S.S.S) bölümünde yer alan soru ve cevaplar, firmanın çağrı merkezine gelen telefon konuşmaları ve whatsapp müşteri hizmetleri hattındaki veriler kullanılarak toplam 1000 adetlik başlangıç bir veri seti oluşturulmuştur. Model eğitiminde kullanılacak veri setinin yapısı; json formatı içerisinde intents, tag, patterns ve responses kısımlarından oluşmaktadır. Intents en dışta bulunan kısım olarak içerisinde her bir kısım için ayrılmış bölümleri tutmaktadır. Tag'ler yani kategoriler içinde bulunan verileri başlıklar şeklinde kategori etmektedir. Patterns'ler ise kategorilerin içerisindeki soruları ve son olarak ise responseslar kategorilerin altında bulunan soruların cevaplarını tutmaktadır. Şekil-1' de veri kümesinden bir kesit görülmektedir.

```
{
  "tag": "459",
  "patterns": [
    "akıllı saatimi bilgisayara nasıl bağlayacağım", "kiddo saatimi bilgisayara bağlanma", "saati bilgisayara bağlama", "saati bilgisayara nasıl bağlarım", "saati bilgisayara bağlamak istiyorum", "akıllı saat bilgisayara nasıl bağlanır", "akıllı saati bilgisayara bağlamak için ne yapmam gerekir"
  ],
  "responses": [
    "Bilgisayar ile işlem yapılamamaktadır. Uygulamanızı kaldırarak tekrar kurabilir misiniz?"
  ],
  "context_set": ""
},
{
  "tag": "460",
  "patterns": [
    "kolay kilit açma sekmesi yok telefon ayarlarında", "telefonda kolay kilit açma yok", "telefon kolay kilit açmayı nasıl yaparım", "kolay kilit açmayı nasıl yapacağım", "kolay kilit açma ayarını nasıl yaparım", "kolay kilit açma", "kolay kilit açma nasıl yaparım"
  ],
  "responses": [
    "Cihazda kolay kilit açma sekmesi mevcut değildir."
  ],
  "context_set": ""
},
{
  "tag": "461",
  "patterns": [
    "Bütün adımlar doğru ama giremedim eklenmiyor cihaz hiç bir şekilde", "cihazı hiç bir şekilde ekleyemedim", "denedim ama cihaz eklenmiyor", "tüm herşeyi yaptım ama olmuyor", "herşeyi denedim ama cihazı bağlayamadım", "tüm dediklerinizi yaptım ama cihazı ekleyemedim", "anlatılanları yaptım ama cihaz bağlanmıyor", "tüm herşeyi denedim ama saate bir türlü cihazı ekleyemedim", "saati ekleyemedik bir türlü"
  ],
  "responses": [
    "Eğer kiddo saate bağlanmak için bulunan adımları uygulayıp sorununuzu halen daha çözemediyse, Saati sıfırlayarak deneyebilirsiniz."
  ],
  "context_set": ""
},
}
```

Şekil 1. Veri Setinden Kesit

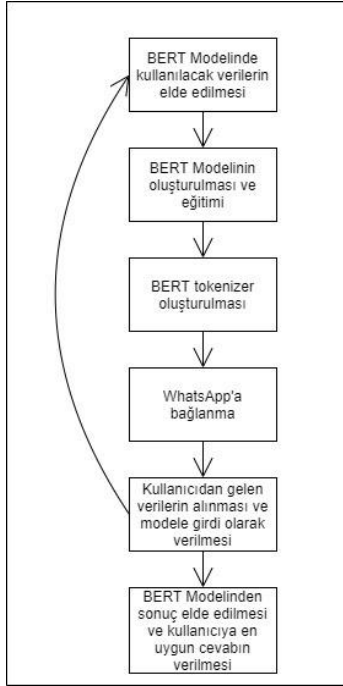
### 2.2 Kullanılan Platformlar ve Araçlar

BERT sınıflandırma ile chatbot projesinde Google Colaboratory, pycharm gibi ortamlardan yararlanıldı. Tensorflow, keras, numpy, matplotlib, pandas, torch, transformers, selenium, pyodbc gibi python kütüphaneleri ve araçları kullanılmaktadır.

### 2.3 Kullanılan Yöntemler

Çalışmada Şekil-2' de yer alan iş akışı doğrultusunda bir yöntem izlenmiştir. İlk olarak Bert modelinde kullanılacak verilerin hazırlanması sağlanmıştır. Daha sonra Bert modelinin eğitilmesi ve eğitilen modelin whatsapp üzerinden şirket web sayfasına bağlanması ve başarımlarının günlük olarak takip

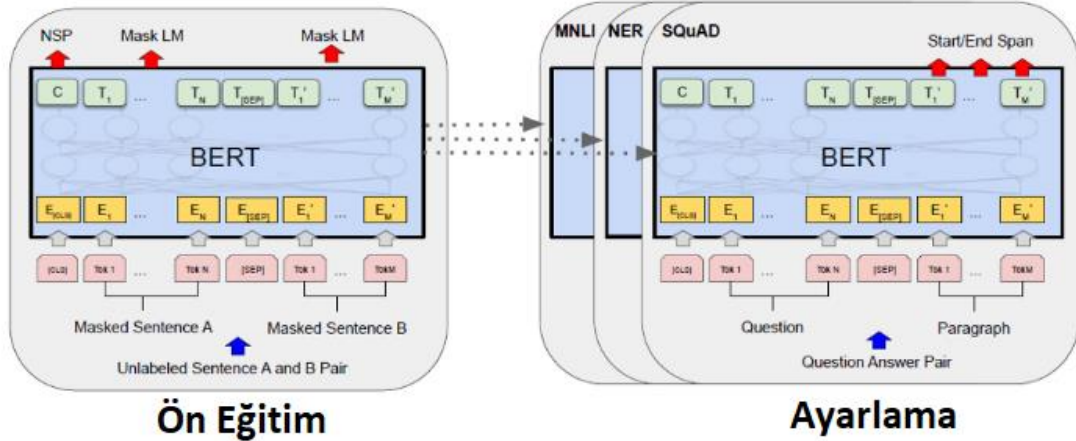
edilmesi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında başlangıç veri kümesi ile eğitilen model 32 gün boyunca hergün şirket web sitesi üzerinden gerçek kullanıma alınarak oluşan yeni sorulardan oluşan veriler kaydedilmiş, modelin tekrar yeni sorularla eğitilmesi sağlanmıştır.



### 2.3.1 BERT Modelinde Kullanılacak Verilerin Elde Edilmesi

BERT sınıflandırma modelinde kullanılacak veriler; çağrı merkezi kayıtlarından oluşan ses dosyaları, whatsapp müşteri hizmetleri konuşmaları ve sıkça sorulan sorulardan oluşmaktadır. Bu verilerin toplamında oluşan soru cevap çiftleri json dosyasına birçok soruya karşılık bir çok cevaptan oluşmaktadır. Bu yapı kurulduktan sonra json dosyasında bulunan tagler arasında sınıflandırma gerçekleştirilecek duruma gelmektedir.

### 2.3.2 BERT Modelinin Oluşturulması ve Eğitimi



Şekil 3. Bert Modeli

Veri seti temel olarak hazırlandıktan sonra BERT modeli oluşturulma aşamasına geçilmektedir. BERT modeli Google tarafından 2018 yılında geliştirilmiştir. BERT modelinin diğer modellerden ayıran en temel özelliği verilen cümleyi hem sağdan sola hem de soldan sağa olacak şekilde incelemesidir. Bu sayede sınıflandırma işlemi daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmektedir. BERT modelinde bu özelliğinin dışında Masked Language Modeling (MLM) ve Next Sentence Prediction (NSP) isimleri verilen iki teknik daha kullanılmaktadır. MLM tekniğinde BERT modeli eğitim aşamasında ayrı ayrı alınan her bir cümlenin %15 ini maskeleyip yaparak geri kalan kısım tahminleme yapılması ile oluşmaktadır. NSP tekniği ise cümleler arasındaki ilişkilere bakılmaktadır. Bu sayede cümleler arasındaki bağlantıda test edilmiş olmaktadır. Çalışmada modelin oluşturulma aşamasında ilk olarak BERT modelinin daha hızlı çalışması için gpu destekleyen bir ortam hazırlanması sağlanmıştır. Bu ortama oluşturulan veri seti eklenmiş ve modele girecek şekilde düzenlemeler yapılmıştır. Model girmeden önceki son adımda ise test ve eğitim verisi olacak şekilde ayrılmış ve BERT sınıflandırma modeliyle eğitim sağlanmıştır.

### 2.3.3 BERT Tokenizer Oluşturulması

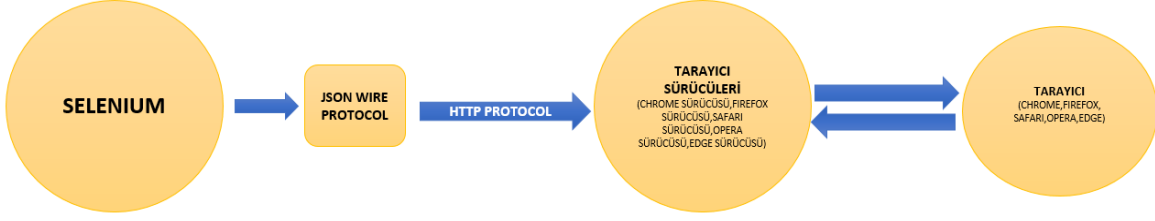
BERT modelinde kullanılan tokenizer işlemi, önceden elde edilmiş olan kelime hazinesi ile birlikte model eğitimindeki cümleleri öğelerine ayırmak için kullanılmaktadır. Tokenizer işlemi ile birlikte cümleler öğelerine ayrıştırıldıktan sonra BERT sınıflandırma modeli ile sınıflandırma yapılabilmesi için gerekli tokenlar cümle başlarına ve cümle sonlarına eklenmektedir. Sabit uzunlukta bir vektör oluşturulmaktadır. Bu vektörün boyutu uzun ise kısaltma işlemi ile kısa ise tamamlama işlemi kullanılarak boyutu sabit uzunlukta tutulmaktadır.

### 2.3.4 WhatsApp'a Bağlanma

Oluşturulan model sonrasında modelin whatsapp mesajlaşma uygulamasında çalışması hedeflenmiştir. Whatsapp mobil uygulamasının web arayüzü olan Whatsapp Web ile etkileşim sağlanmıştır. Bu etkileşim internet tarayıcı altyapısıyla çalışan

Selenium kütüphanesiyle gerçekleştirilmiştir ve Chrome tarayıcısı kullanılmıştır.

### 2.3.4.1 Selenium Kütüphanesinin Genel Yapısı



Şekil 4. Selenium Genel Yapı

Selenium kütüphanesi tarayıcı tabanlı çalışan bir otomasyon aracıdır. Tarayıcı tabanlı çalıştığı için web sitesinin direkt html yapısıyla bağlantı kurmaktadır. Bir web sitesinin html yapısındaki başlıkları, butonları, bölümleri tarayıcı tabanında gördüğü o kısımların yollarına ulaşarak gerçekleştirir. Xpath adı verilen bu yolları ve bu yollar ile neler gerçekleşeceğini Selenium'a Python Programlama Dili vasıtasıyla gösterilmektedir. Selenium kodunun tamamı kendi içinde Json formatına dönüşür. JSON, Javascript Nesne Gösterimi anlamına gelmektedir ve sunucudan istemciye bilgi aktarma görevini üstlenir. JSON Wire Protocol, HTTP sunucuları arasında veri aktarımından birincil derecede sorumlu olmaktadır. Oluşturulan Json, tarayıcı sürücülerine HTTP Protokolü aracılığıyla sunulmaktadır. Her tarayıcının belirli bir tarayıcı sürücüsü vardır. Tarayıcı sürücülerini ilgili tarayıcılarla etkileşime girer ve tarayıcıdan aldıkları Json'u yorumlayarak komutları yürütür. Tarayıcı sürücüsü herhangi bir talimat alır almaz bunları tarayıcıda çalıştırır. Daha sonra yanıt HTTP yanıtı şeklinde geri verilir. Tarayıcı sürücüsü, isteği HTTP'den almak için HTTP sunucusunu kullanır. Tarayıcı sürücüsü isteği HTTP aracılığıyla tarayıcısına iletir. Tarayıcı da Selenium talimatlarını uygular. İşlem POST isteği ise, tarayıcıda bir eylemi web sitesiyle etkileşime girecektir. İşlem GET isteği ise, yanıt HTTP protokolü ile tarayıcı sürücüsüne iletilecektir. Tarayıcı sürücüsü de onu JSON Wire Protocol aracılığıyla kullanıcıya gönderecektir.

#### 2.3.4.1 Whatsapp Botunun Genel Yapısı

Selenium ile oluşturulan Whatsapp botu öncelikle whatsapp web sitesine bağlanmaktadır. Whatsapp web üzerinde telefon numarasına kayıtlı whatsapp mobil uygulaması üzerinden QR kod yardımıyla eşleme yapılmaktadır. Bu sistem farklı telefonların çalışmasını da beraberinde getirmektedir. Telefonlar QR kod eşlemesini gerçekleştirdiği için güvenlik üst düzeyde tutulmaktadır. Eşleme yapıldıktan sonra whatsapp web üzerinde oturum açılır ve gelen mesaj bildirimlerini taramaya başlar. Sonsuz bir döngü içerisinde taranan mesaj bildirimleri oluşturduğu zaman bildirimlere tıklanır ve mesaj ekranına gider. Tespit edilen gelen mesaj kayıt altına alınır ve ilgili modele iletilir.

#### 2.3.5 Kullanıcıdan Gelen Verilerin Alınması ve Modele Girdi Olarak Verilmesi

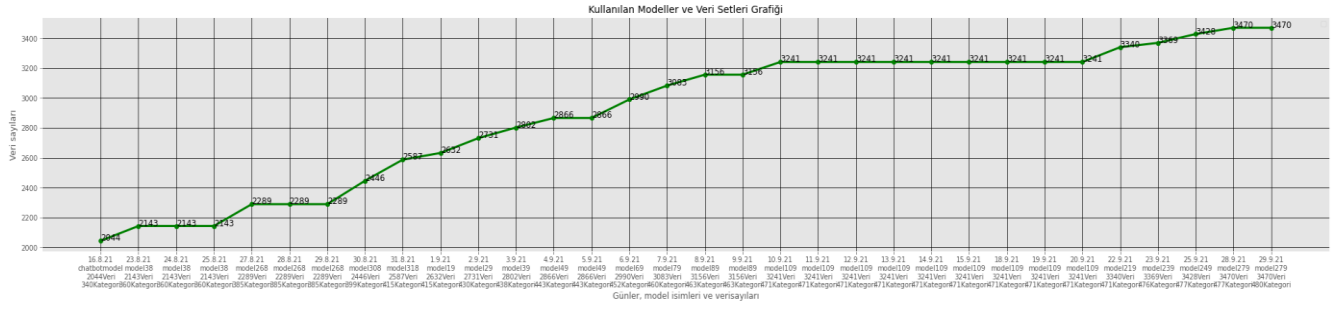
WhatsApp aracılığı ile gelen verilerin her biri belli başlı değişkenlerde tutulmakta ve aynı zamanda veri tabanı kaydetme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu gelen veriler kullanılan BERT modelinin giriş kısmına verilmekte ve bu sayede içinde var olan veriler ile en uygun olan cevabı bulunması sağlanmaktadır.

#### 2.3.6 BERT Modelinden Sonuç Elde Edilmesi ve En Uygun Cevabın Verilmesi

BERT modelinin eğitimi, whatsapp hattına entegrasyonu ve bu sayede kullanıcılardan aldığımız verileri eğittikten sonra kullanıcının girdisini veri setinde hangi sınıf ile eşleştirdiğini veya hangi sınıfa daha yakın olduğunu tespit edilmektedir. Modele gelen girdiler ile yapılan tahminlemede, kullanıcıdan gelen girdilerin hangi sınıfa daha yakın olduğunu gösteren yüzdeler oluşturulmakta ve daha sonra en yüksek yüzdeye ait sınıfın yanıtlardan biri kullanıcıya sunulmaktadır. Ardından kullanıcıdan yeni bir girdi beklenmektedir. Bu şekilde yapımız sürekli işleyen bir sınıflandırma problemiyle kullanıcının soru ve sorunlarına en etkili ve efektif şekilde cevap vererek yardımcı olmaktadır.

### 3. Deneysel Bulgular

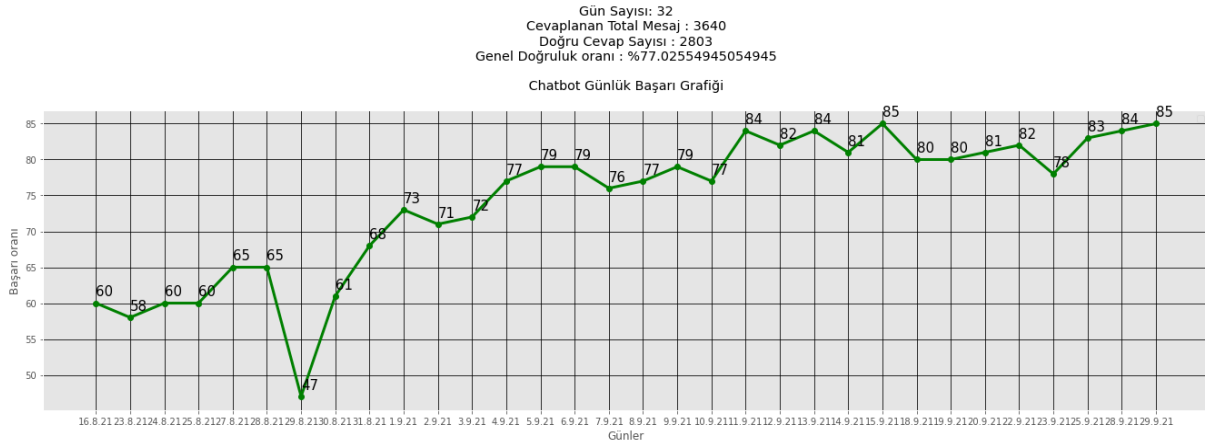
Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışma sonucunda elde ettiğimiz bulgular aşağıda yer alan grafiklerle sunulmaktadır. Bu grafikler; günlere göre kullanılan modelleri ve veri sayılarını gösteren 'Kullanılan Modeller ve Veri Setleri' grafiği, günlere göre her bir soruya verilen cevabın başarı oranlarını gösteren 'Chatbot Günlük Başarı' grafiği ve son olarak ise günlere göre kaç soruya cevap verdiğini gösteren 'Chatbot Günlük Cevap' grafiğidir. Şekil-5 de 'Kullanılan Modeller ve Veri Setleri', Şekil-6 de 'Chatbot Günlük Başarı' ve Şekil-7 de 'Chatbot Günlük Cevap' görülmektedir.



Şekil 5. Kullanılan Modeller ve Veri Setleri

Şekil 4’de bulunan grafik chatbotun eğitiminde günlük olarak kullanılan model isimlerini veri setlerinin büyüklüğünü, veri setinde kaç veri olduğunu ve kaç kategoriye sahip olduğu

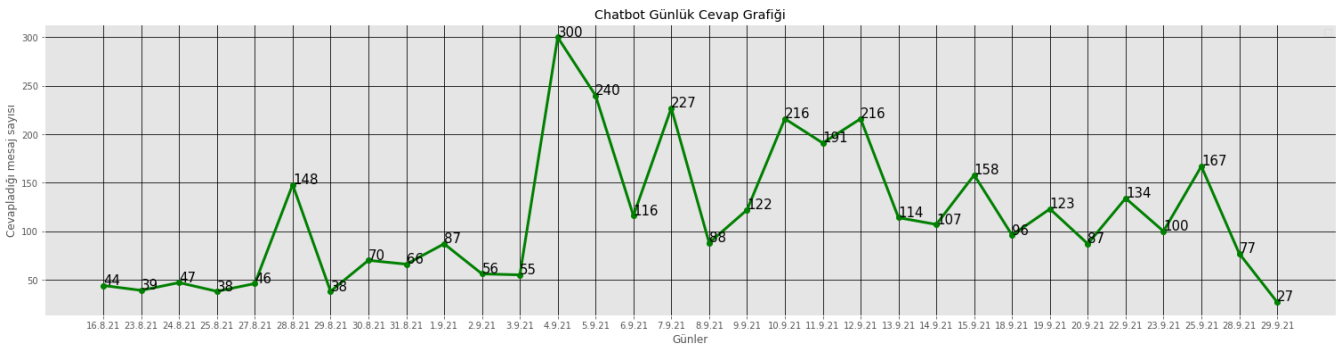
gösterilmektedir. 32 günlük süreçte modellere ait veri setlerinde sürekli bir artış gözükmemektedir. Bu artışın sonucunda oluşan 32 günlük başarı grafiği ise Şekil-5 de gözükmemektedir.



Şekil 6. Chatbot Günlük Başarı

32 günlük süreçte Şekil 5’ de görüldüğü üzere chatbotun başarısında artış gözlenmektedir. Çalışmanın en başında 2044 adet veri ile eğitilen model, 32 gün sonunda 3470 veri ile

eğitilmiştir. 32 gün sonunda chatbot, sorulan toplam 3640 sorunun 2803 tanesine doğru şekilde cevap vermiş ve %77 lik bir ortalama doğruluk elde edilmiştir.

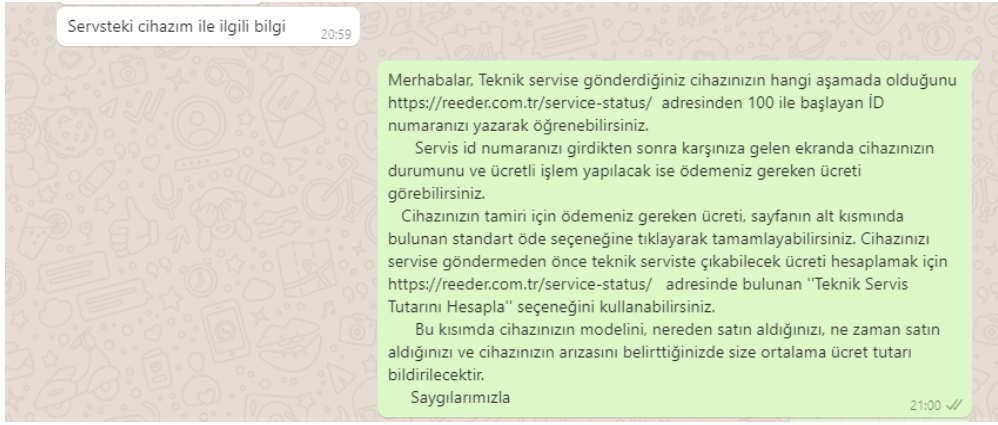


Şekil 7. Chatbot Günlük Cevap

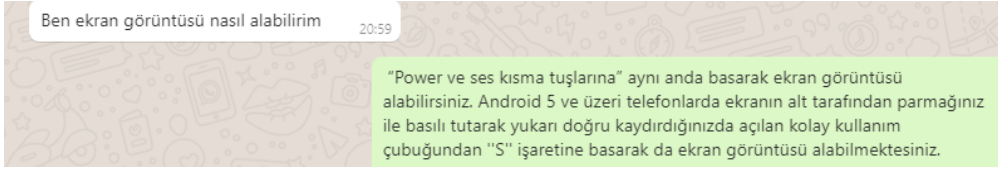
Şekil 6’ da ise chatbotun bir günde kaç mesaja cevap verdiği görülmektedir. Özellikle Cuma, Cumartesi ve Pazar günlerinde artış gözükmemektedir. Chatbot mesai saatleri dışında devreye alarak çalıştırılmıştır. Akşam saat 20:00 ile 01:00 arasında çalışmaktadır. Cumartesi gününde ise saat 14.00’ den Pazartesi saat 01.00’a kadar çalışmaktadır.

Şekil-8, Şekil-9, Şekil-10, Şekil-11 ve Şekil-12’de ise chatbota gerçek kullanıcılardan gelen bazı mesajlar görülmektedir.

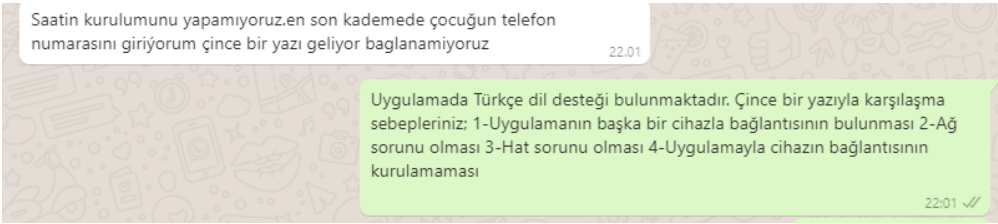




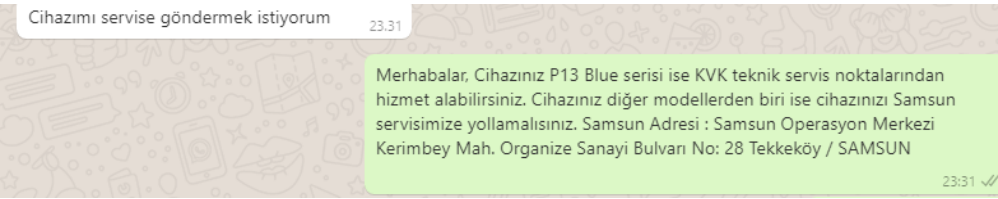
Şekil 8. Örnek Konuşma



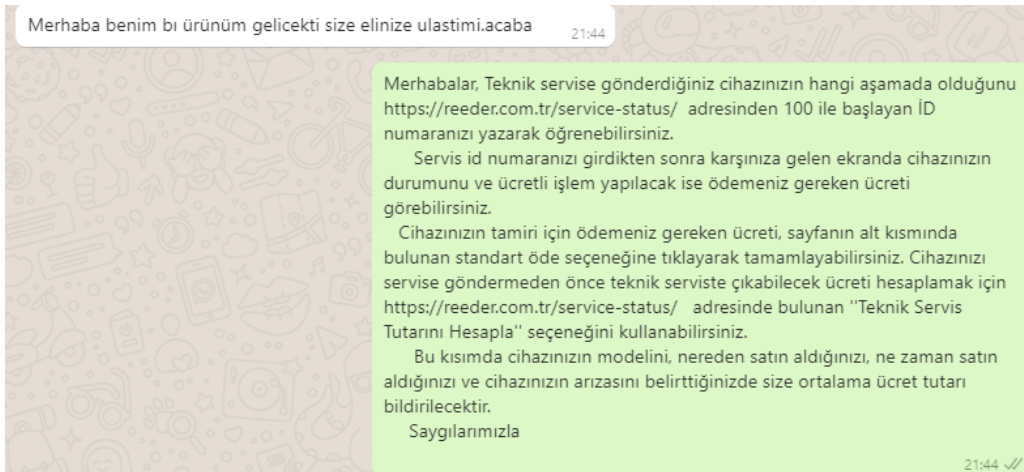
Şekil 9. Örnek Konuşma2



Şekil 10. Örnek Konuşma3



Şekil 11. Örnek Konuşma4



Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü üzere Chatbot'un kullanılan modellere göre verdiği doğru cevap yüzdeleri değişmektedir. 32 günlük chatbot'un gerçek insanlarla denemesi sonucunda whatsapp üzerinden gelen 3640 adet mesaja cevap vermiştir. Gelen mesajların 2803 adetine doğru cevap vererek ortalama %77'lik başarı elde edilmiştir. İlk gün(16.08.2021) tarihindeki çalışması sonucunda %60'lık bir başarı elde edilmiştir. Son günde ise bu başarı %85 seviyesine gelmiştir. Denemenin son 13 günü %80'nin üstünde başarı gösterilmiştir. Ortalama günlük 110 mesaj cevaplanmıştır. Chatbot'a verilen model ise 2-3 günde bir veri artırımı sağlanarak yeniden eğitilmektedir. İlk gün veri setinde 2044 veri 340 Kategori bulunmaktadır. Son gün ise veri setinde 3470 veri 480 kategori bulunmaktadır. Veri setinde günlere dayalı olarak düzenli bir artış bulunmaktadır.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışma sonucunda, ticari bir işletmeye ait sıkça sorulan sorular ve müşteri hizmetleri telefon görüşmeleri ve whatsapp müşteri hattından gelen veri setiyle eğitimi yapılan chatbot'un kullanıcıların soru ve sorunlarını genel olarak başarıyla karşıladığı gözükmektedir. Çalışmada model başarımı veri setinin giderek büyümesi ve doğru şekilde etiketlenmesi ile artış göstermiştir. Bu veri artışları görev tabanlı chatbotun kabiliyet ve imkanlarını arttırmıştır. Kilit nokta ise kullanıcıların en fazla sorabilecek veya sordukları sorular üstüne çalışmalar yaparak, bunları veri setine dahil etmek olmuştur. Diğer önemli bir nokta ise kullanıcıyı hem istediği tarzda kısıtlamadan soru sordurabilirken hem de gerektiği durumlarda yönlendirmeler yaparak kullanıcının istediği doğru cevapları almasını sağlanmıştır. Kullanıcıların sorduğu, aynı anlamda olan ama farklı türden sorulara cevap verebilmesi de başarıyı arttıran etkenlerden biri olmuştur. Bu çalışmada gerçekleştirilen chatbot'un tekdüze çalışmanın aksine benzerlerinden ayrıldığı gözükmektedir. Görev tabanlı chatbot olması nedeniyle eğitildiği spesifik konular üzerinde başarıyla cevaplar verdiği ve kullanıcıların sorunlarını çözdüğü gözlemlenmiştir. Diğer görev tabanlı chatbotların aksine belirli seçenekler üstünden kullanıcıdan girdi almamakta, kullanıcı daha özgür bir yapıda sorularını sorabilmektedir. Bu kullanıcının istediği tarzda soru sorma özgürlüğünün temel sebeplerinden biri de chatbot'un çalıştığı ortamın Whatsapp olmasıdır. Tüm bunların yanında chatbotun başarısını düşüren bazı durumlarda olmaktadır. Bu durumlar bazı kullanıcıların gerektiği durumlarda yapılan yönlendirmelere uymaması, bilgilendirmeleri okumamaları ve chatbot hakkında bilgileri olmamaları veya teknolojiye uzak olmaları, konuştukları kişiyi gerçek bir insan sanmaları başarıyı düşüren bazı faktörlerdendir.

#### Kaynakça

- [1] A. M. Turing COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE <https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238>
- [2] Alex Debecker 2020 Chatbot Statistics - All The Data You Need <https://blog.ubisend.com/optimize-chatbots/chatbot-statistics>
- [3] Mobile Web Predictions for 2020- <https://deviceatlas.com/blog/15-mobile-web-predictions-2020>

- [4]- Ming Hsiang Su, Chung Hsien Wu, Kun Yi Huang, Qian Bei Hong, Hsin Min Wang- A chatbot using LSTM-based multi-layer embedding for elderly care- <https://researchoutput.ncku.edu.tw/en/publications/a-chatbot-using-lstm-based-multi-layer-embedding-for-elderly-care>
- [5]- Suzana Ilic',Reiichiro Nakano,Ivo Hajnal-Designing dialogue systems: A mean, grumpy, sarcastic chatbot in the browser- <https://arxiv.org/pdf/1909.09531.pdf>
- [6] Victoria Oguntosin Development of an E-Commerce Chatbot for a University-Shopping-Mall- <https://www.hindawi.com/journals/acisc/2021/6630326/#introduction>
- [7] Ali Hakan ISIK,Ayşenur YAĞCI Sequence to Sequence LSTM Modeli ile Telegram-Bot-Uygulaması- <https://dergipark.org.tr/en/pub/gmbd/issue/54119/693071>
- [8] A. C. Sari, N. Virnilia, J. T. Susanto, K. A. Phiedono, and T. K. Hartono, "Chatbot developments in the business world," Adv. Sci. Technol. Eng. Syst., 2020, doi: 10.25046/aj050676.
- [9] S. Roca, J. Sancho, J. García, and Á. Alesanco, "Microservice chatbot architecture for chronic patient support," J. Biomed. Inform., 2020, doi: 10.1016/j.jbi.2019.103305.
- [10]S. Hwang and J. Kim, "Toward a chatbot for financial sustainability," Sustain., 2021, doi: 10.3390/su13063173.
- [11]M. Dahiya, "A Tool of Conversation: Chatbot," Int. J. Comput. Sci. Engenieering, 2017.
- [12]B. A. Shawar and E. Atwell, "ALICE chatbot: Trials and outputs," Comput. y Sist., 2015, doi: 10.13053/CyS-19-4-2326.
- [13]C. Grové, "Co-developing a Mental Health and Wellbeing Chatbot With and for Young People," Front. Psychiatry, 2021, doi: 10.3389/fpsy.2020.606041.
- [14]G. Padmaja, M. S. Begum, A. Chandrika, B. B. Sree, and G. Meghana, "Healthcare Chatbot," UGC Care List. J., 2020.
- [15]S. Hamad and T. Yeferny, "A chatbot for information security," arXiv, 2020.
- [16]P. A. Tamayo, A. Herrero, J. Martín, C. Navarro, and J. M. Tránchez, "Design of a chatbot as a distance learning assistant," Open Prax., 2020, doi: 10.5944/openpraxis.12.1.1063.
- [17]M. H. Tsai, J. Y. Chen, and S. C. Kang, "Ask Diana: A keyword-based chatbot system for water-related disaster management," Water (Switzerland), 2019, doi: 10.3390/w11020234.
- [18]D. C. Toader et al., "The effect of social presence and chatbot errors on trust," Sustain., 2020, doi: 10.3390/SU12010256.
- [19]Q. Zhi and R. Metoyer, "GameBot: A visualization-augmented chatbot for sports game," 2020, doi: 10.1145/3334480.3382794.
- [20]I. Nica, O. A. Tazl, and F. Wotawa, "Chatbot-based tourist recommendations using model-based reasoning," 2018.
- [21]M. H. Tsai, J. Y. Chen, and S. C. Kang, "Ask Diana: A keyword-based chatbot system for water-related disaster management," Water (Switzerland), 2019, doi: 10.3390/w11020234.
- [22]P. A. Tamayo, A. Herrero, J. Martín, C. Navarro, and J. M. Tránchez, "Design of a chatbot as a distance learning assistant," Open Prax., 2020, doi: 10.5944/openpraxis.12.1.1063.





# Development and Evaluation of Fire Resistant Railway Signalling Cable

Kamil Mutlu<sup>1</sup>, Onur Mercan<sup>2</sup>, Dilek Dağdelen<sup>3</sup>, Görkem Uslu<sup>4</sup>, Ömer Yiğitler<sup>5</sup>, Çiğdem Uçar<sup>6</sup>, Selim Hartomacıoğlu<sup>7\*</sup>

<sup>1</sup> Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş., Tuzla, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1066-3927), [kamil.mutlu@nexans.com](mailto:kamil.mutlu@nexans.com)

<sup>2</sup> Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş., Tuzla, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5108-537X), [onur.mercan@nexans.com](mailto:onur.mercan@nexans.com)

<sup>3</sup> Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş., Tuzla, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4264-1741), [dilek.dagdelen@nexans.com](mailto:dilek.dagdelen@nexans.com)

<sup>4</sup> Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş., Tuzla, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4714-1508), [gorkem.uslu@nexans.com](mailto:gorkem.uslu@nexans.com)

<sup>5</sup> Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş., Tuzla, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1753-2420), [omer.yigitler@nexans.com](mailto:omer.yigitler@nexans.com)

<sup>6</sup> Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş., Tuzla, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6331-4723), [cigdem.ucar@nexans.com](mailto:cigdem.ucar@nexans.com)

<sup>7</sup> Marmara University, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4541-4894), [selimh@marmara.edu.tr](mailto:selimh@marmara.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1022791)

**ATIF/REFERENCE:** Mutlu, K., Mercan, M., Dağdelen, D., Uslu, G., Yiğitler, Ö., Uçar, Ç., & Hartomacıoğlu, S. (2021). Development and Evaluation of Fire Resistant Railway Signalling Cable. *European Journal of Science and Technology*, (29), 366-370.

## Abstract

The railway signalling cable is designed for remote control and teletransmission in underground railway networks. It is very critical situation that the railway signalling cable continues to transmit data in the event of a fire. In this study, the fire resistant test performance of railway signalling cable has been developed and evaluated via experimental research. A standard railway signalling cable generally consists of conductor, insulation, laying-up, wrapping, screen, inner sheath, armour and outer sheath. The mica tape was added as one layer with 30% overlapping to produce desired fire resistant cable. First step, the railway signalling cable produced used only mica tape used, results show that the cable with mica tape is successful at 110 V. Also, it is not bad for the 250V as it seen the test results. After having non satisfied results, glass tape was added additionally over inner sheath (instead of PP tape) for better results for higher voltage values. After redesign of the cable with addition of glass tape over inner sheath, better results were expected but the results were not as good as expected. Only at 250V appropriate results were achieved according to both IEC 60331 – 21 & 60331-2 standard. When we examined the situation, we saw that the cable was flattened a bit after the new-design. Then, the reproduction of the new design cable (mica + glass tape) is been planned without any rework process. All results show that the new design railway signalling cable is resistant to fire tests according to IEC 60331-21, IEC 60331-1&2 up to 1000V as shown in the paper.

**Keywords:** Cable Production, Railway Signalling Cable, Fire Resistant Cable, Fire Resistant Test, IEC 60331-21 and IEC 60331-1&2

# Yangına Dayanıklı Demiryolu Sinyalizasyon Kablosu Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi

## Öz

Demiryolu sinyal kablosu, yeraltı demiryolu ağlarında uzaktan kumanda ve tele iletim için tasarlanmıştır. Bir yangın durumunda demiryolu sinyalizasyon kablosunun veri iletmeye devam etmesi çok kritik bir durumdur. Bu çalışmada, demiryolu sinyalizasyon kablosunun yangına dayanıklılık test performansı deneysel araştırma yoluyla geliştirilmiş ve değerlendirilmiştir. Standart bir demiryolu sinyalizasyon kablosu genellikle iletken, izolasyon, büküm, ekran, iç kılıf, zırh ve dış kılıftan oluşur. İstenen yangına dayanıklı kabloyu üretmek için iletken üzerine helisel olarak uygulanan mika bant %30 bindirme ile bir katman olarak eklenmiştir. İlk prototipte sadece mika bant kullanılarak üretilen demiryolu sinyalizasyon kablosunun 110V'ta sonuçlarının uygun olduğu görülmüştür. Aprıca test sonuçlarında görüldüğü gibi 250V'da sınır değerde olduğu görülmüştür. Tatmin edici olmayan sonuçlar alındıktan sonra, daha yüksek voltaj değerleri için daha iyi sonuçlar için iç kılıf üzerine ek olarak cam bant eklenmiştir. Kablonun iç kılıf üzerine cam bant eklenerek yeniden tasarlanmasından sonra daha iyi sonuçlar beklenmesine rağmen sonuçlar beklendiği gibi elde edilememiştir. Hem IEC 60331 – 21 hem de 60331-2 standardına göre sadece 250V'da uygun sonuçlar elde edilmiştir. Detaylı inceleme yapıldığı zaman yapıda fiziksel bozulmalar olduğu görülmüştür. Daha sonra yeni tasarım (mika+cam bant uygulamalı) yeni prototip olarak üretilmiştir. Tüm sonuçlar, yeni tasarım demiryolu sinyalizasyon kablosunun yayında gösterildiği gibi IEC 60331-21, IEC 60331-1&2'ye göre 1000V'a kadar yangın testlerine dayanıklı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kablo Üretimi, Demiryolu Sinyal Kablosu, Yangına Dayanıklı Kablo, Yangına Dayanıklılık Testi, IEC 60331-21 ve IEC 60331-1&2



## 1. Introduction

The underground railways, the other words subways, are indispensable means of transportation in modern city life. The railways, which are offered as a solution to traffic jam, encounter unexpected situations from time to time. The most important problems are earthquake, fire and others reasons. It is vital that data transmission continues at the time of such unexpected simulations. Specially developed cables are used for data transmission. The railway signalling cables is designed for remote control and teletransmission in underground railway networks. It is very critical situation that the railway signal cable continues to transmit data in the event of a fire. The other Words, Circuit integrity cables are designed to provide uninterrupted power supply to important services in the event of fire, to allow for safer evacuation and fire-fighting effort (I. Ivanov, G. Alexander, 2015). A standard K23 cable design structure is given in Figure 1.

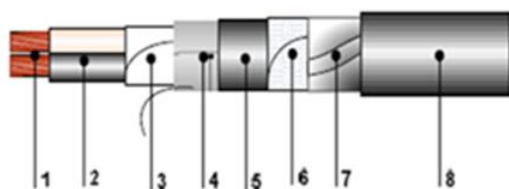


Figure 1

The information regarding the parts indicated in the Figure 1 is presented below:

1. Conductor: solid annealed bare copper to IEC 60228 (Class 1), Diameter: 0.6 mm, 1.0 mm and 1.2 mm
2. Insulation: Polyethylene  
Laying-Up: Twisted pairs/quads, two/four insulated conductors twisted into a pair/quad according to product
3. Wrapping (Binder Type): Several layers of plastic tape + Rip cord
4. Screen: On side copolymer coated Aluminum foil Bonded to the inner sheath. Tinned copper wire shall be longitudinally Contact to metal side of tape as drain wire.
5. Inner Sheath: Low smoke zero halogen compound, inner sheath colour: black
6. Bedding: Protection (PP cell) tapes
7. Armour: Two layers of galvanized steel tape armour, thickness: 0.2 mm
8. Outer Sheath: Low smoke zero halogen compound, outer sheath colour: black

In 2010, the cable over-sheath selection: the right material for the right application was studied by Simon J. Sutton, Theo Geussens and Kurt Bolz. In this study, the range of over-sheath materials was evaluated and the most appropriate particular solutions has been focused. Modern halogen free flame retardant (HFFR) is used most. The strongest alternative to this material is PVC (Simon, J. Sutton, Theo Geussens, Kurt Bolz, 2010:1). In Mechanical characteristics for the medium voltage cables sheathing was improved with HFFR materials was studying in 2003. In the study, the tensile strength elongation at

break, tear Resistant, abrasion Resistant on cable, oxygen index and acid gas tests were conducted by authors (Jacint ROVIRA, Montserrat PRAT, Juan de Dios MARTÍNEZ, 2003:59). The other study for the different designs for low-fire-hazard cables were tested under conditions the fire test specified in IEC 60331-21 was performed by R. Polansky and M. Polanska in 2015. In the study, The measurement set-up adapted to enable insulation Resistance measurements throughout the entire fire test. The results of the tests demonstrate that the measurements of the insulation Resistance together with the use of thermocouples placed near the cable sheath and between the insulated cable cores can yield important insight into the processes (R. Polansky, M. Polanska, 2015-57)

In this study, the standard K23 cable design was used first step. The standard cable structure consists of conductor, inner sheath, armour, outer sheath and mica tape layers. The inner sheath and outer sheath material is the HFFR. The Halogen Free Flame Retardant (HFFR) materials are used in ever more areas and under more demanding environmental conditions. Especially, the ambient temperature, short circuit temperature, fire behaviour, smoke emission, toxicity/acidity, insect Resistant and bending are very important effect for the cables. Amongst the major markets where flame retardants are required, the industries dealing with construction, electrical and electronic components and transportation are the three of greatest importance (Shui-Yu Lu, Ian Hamerton, 2002: 27). In the second step, test procedures were carried out by applying glass tape to the cable structure. As a result, evaluations were made by analyzing the test results.

## 2. Material and Method

### 2.1. Cable Structure Materials

HFFR, mica tape, glass tape, pure copper and polyethylene materials were used for signal cable design production in this study. Glass tape was applied especially against fire resistance and the results were observed. Mica tapes are important fire resistant materials currently used in cables. Muscovite was used as the main material of mica tape. The glass tapes are widely used for power and control cables, instrumentation and signalling cables because of its excellent flame Resistance. Some technical properties of glass tape are high tensile strength, strong Resistance to radiation, acid and alkali, non-toxic under high temperature, excellent flexibility, heat Resistance up to 950 °C. Chemical composition of the glass tape material used in this study is given in Table 1. In this study, the fire resistant effect of only the use of mica tape and additionally the application of glass tape on railway cables was investigated.

Table 1 Composition of glass tape (“Glass Tape Technical Properties”, 2021)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
54.1 ± 0.5%	14.6 ± 0.4%	16.6 ± 0.3%	4.6 ± 0.3%	8.8 ± 0.5

### 2.2. Test Method

In this Project, signal cables have been subjected to many tests. In experimental studies, it is extremely important to experiment according to standards. The relevant standard in this area is the IEC standard. IEC, International Electrotechnical Commission, is an international standards organization that prepares and publishes international standards for all electrical,

electronic and related technologies ("IEC", 2021). The standard for the fire resistant of the cables is included in the IEC 60331 standard. This test standard is for verifying the Resistant to fire alone of electrical cables used for wiring and interconnection where it is required to maintain circuit integrity under fire conditions. It is important for communication that electrical or signal cables maintain their circuit integrity under fire condition. IEC 60331-1:2018 standard was used in this paper. This standard specifies the test method for cables. Especially the cables which are required to maintain circuit integrity when subjected to fire and Mechanical shock under conditions. According to this standard, the rated voltage not exceeding 600 V / 1000 V, including those of rated voltage below 80 V, metallic data and telecom cables and optical fibre cables. The diameter of the tested cable must be greater than 20 mm ("IEC 60331-1:2018", 2021). The other standard for the experiments was IEC 60331-2:2018. The standard specifies the test method for cables which are required to maintain circuit integrity when subjected to fire and Mechanical shock. The difference from the other standard is that the cable diameter is less than 20 mm ("IEC 60331-2:2018", 2021). The other standard is the IEC 60331-21. The standard specifies the test procedure and gives the performance requirement, including a recommended flame applications time, for cables of rated voltages up to and including 0,6/1,0 kV required to maintain circuit integrity when subjected to fire under specified conditions ("IEC 60331-21:1998", 2021). Difference between IEC 60331-21 and IEC 60331-23 standard Covers electric data cables which have no rated voltage and are used for extra low voltage circuits. In this study, all fire tests were carried out on the devices of Nexans Turkiye Company in accordance with the IEC standards.

According to IEC 60331 standards, 90+15 minutes rule is applied as test success criteria. That is, in the test processes performed according to the IEC 60331 standard, the signal cable must last for a minimum 105 minutes and transmit data uninterruptedly. The test results blow the value will be considered unsuccessful. If a test operation fails, a retest is performed under the same conditions. If the test is successful in the retest process, the product is considered to have passed the test operation. This process can be repeated several times.

### 2.3. Experimental Design

Different designs for railway signal cables were tested under conditions similar to those of the fire test specified in IEC 60331-21, 23, 1 and BS EN 50289-4-16:2016. Experimental research technique was used as a method in the project study. The study consists of three stages. In the first stage, normal cable structure was used and tested. In this step, mica tape was added as one layer with %30 overlapping to produce desired fire resistant cable. After the experiments of first step were applied, the second step was started. In the second step, glass tape were added additionally over inner sheath. Then, the second step experiments were carried out. Although the good results were expected, especially high test voltage, the results were not satisfactory. Therefore, the cable with glass tape was redesigned and the experiments were performed again. As seen this study, the basic experimental design approach was used, and the results of experiments were evaluated.

In the experimental design, we used the factors according to standard cable structure. The study was carried out by changing the structural changes and the applied test currents. The important variable in the study is whether there is a glass tape.

The effect of glass tape application on fire resistant is one of the important results examined. Additionally, the test voltage (V) was the other important parameter. It is the criterion of success in the test that the cable maintains its properties at the desired time at the temperatures specified in the test standards of IEC. The schematic view of experimental system is shown in Figure 2.

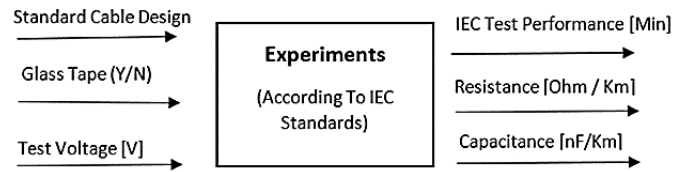


Figure 2 The Experimental System

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Results of Standard Cable Design

The results of the standard K23 design, which is the first step in the experimental study, are examined and listed in Table 2. As can be seen from the Table 2, the cable has successfully passed the test at 110 V test voltage level. But it is seen that the test process gives the results at the limit value (90+15Min] at 250V test voltage. At 500 V test voltage, the test failed within half of the limit value. When the test samples were examined after test, it was observed that there were structural deteriorations. The results of the examinations are given in Figure 3.



Figure 3 The Structural View of cable after test operations; a) 250V applied state, b) 500V applied state

### 3.2. Results of New Cable Design With Glass Tape Applied

The results when glass tape is added additionally over inner sheath is given in Table 3 and Table 4. According to the Table 3, it is seen that the test failed at 500V and 300V test voltage. However, when the test results is analyzed, it is seen that there is a problem. Because of this situation, the cables were examined in detail after the test operations. The Deformation region in the structure after test (IEC 60331-23) is given in Figure 4.



Figure 4 The Deformation in the structure after the test operations at 300V test voltaj

After redesign of K23 signal cable with addition of glass tape over inner sheath, better results were expected. But the results were not satisfactory enough. Only at 250V appropriate results were achieved according to both IEC 60331-21/23 and 60311-2 standard. When the examine this situaiton, it was observed that the cable was flattened a bit after the new-design. In new design process, previous cable is re-worked as removin sheath and armour, the n applying glass tape over inner sheath, then armouring and sheating again. It has been determined that this situation affects the test results and prevents the desired results from beign obtained.

### 3.3. Results of Re-Produced New Cable Design With Glass Tape Applied

Re-produced cables have been tested according to IEC 60331-21/1/2 standard and have been tested at test voltages of 100, 250, 300 and 500V. Afterwards, it was tested at 1000V test voltage and the results are given in Table 5. The figure of the applied tests are given in Figure 5. As expected, the desired results are taken on the new cable. Test are successfull according to IEC 60331-21, 1-2 at 1000V test voltaj. The last cable is also tested according to BS EN 50289-4-16:2016 and results are satisfactory, and the variation of Capacitance values are less then %30 test criteria. The Resistant measurement and Capacitance measurement during test operation is given Figure 6 and Figure 7.



(a) (b) (c)

Figure 2 The figure of the applied tests; a) IEC 60331-21, b) iec 61331-1, c) IEC 60331-2 test

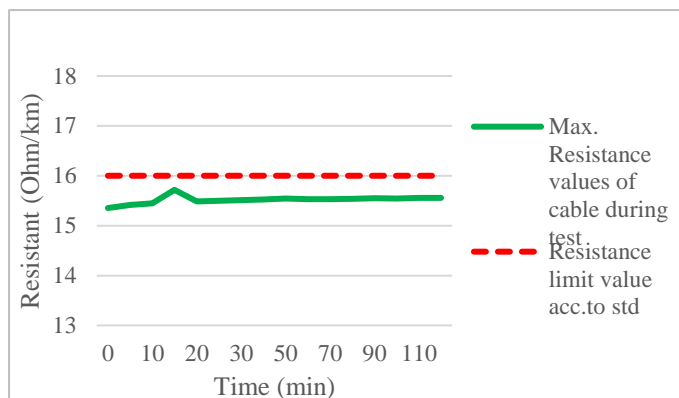


Figure 3 The results of resistant mearusement during test IEC 60331-1

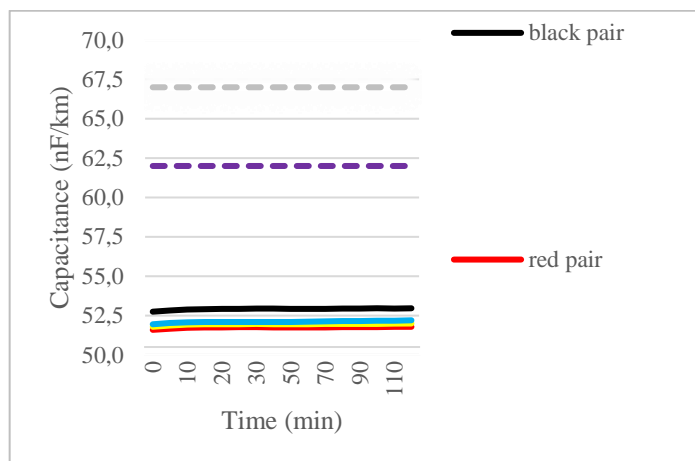


Figure 7 The results of resistant mearusement during test IEC 60331-1

### 4. Conclusions and Recommendations

Fire resistant tests carried out by applying glass tape to the standard Railway signalling cable structure. The test results were compared and evaluated before and after the glass tape was applied. The IEC standard was used in the implementation of the test procedures and the test equipment within the company of Nexans, which complies with the standard, was used. Planning was made for the experimental study, experiments were carried out and the results were examined. The results showed that the application of glass tape in signal cables significantly increased the fire resistant. It has been understood from the study that the glass tape application has gained significant advantages in terms of both IEC 60331 tests and resistant and capacitance tests (BS EN 50289-4-16:2016) in terms of fulfilling the task of signal cables in important situations such as fire. As a result of the study, glass tape can be used in signal cable production, but the application of mica and glass tape at the same time increasing the cable diameter should be evaluated in terms of standards. In future scientific studies, the advantages and disadvantages of glass tape applications with different properties can be evaluated in terms of fire resistant, as well as studies on cable diameter can be made. Again, fire resistant cable development Studies can be carried using different innovative materials and different applications can be performend in this filed. In other Studies to be done in the future, a more comprehensive reseach can be done wth more Production and product Parameters by using the statistical experimental design method.



Table 1 The results of standard cable design tests (IEC 60331-23)

Cable Type	Inner Sheath	Outer Sheath	Thickness [Cm]	Mica Tape	Glass Tape	Test Voltaj [V]	Duration of Test [Min]		
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,54	Y	N	110	90+15	90+15	90+15
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,54	Y	N	250	88	90+0	
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,54	Y	N	500	45		

Table 2 The results when glass tape is added additionally over inner sheath (IEC 60331-23)

Cable Type	Inner Sheath	Outer Sheath	Thickness [Cm]	Mica Tape	Glass Tape	Test Voltaj [V]	Duration of Test [Min]		
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	500	88	90+15	68
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	300	90+0	20,15	90+15
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	250	90+15	90+15	
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	110	90+15	90+15	

Table 3 The results when glass tape is added additionally over inner sheath (IEC 60331-2)

Cable Type	Inner Sheath	Outer Sheath	Thickness [Cm]	Mica Tape	Glass Tape	Test Voltaj [V]	Duration of Test [Min]		
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	500	21		14
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	300	120+15		120+15
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	200	120+15		120+15
K23 4P1,2	HFFR	HFFR	1,70	Y	Y	110	120+15		120+15

Table 4 The results of re-produced new cable design with glass tape applied

Test	Cable Type	Thickness [Cm]	Mica Tape	Glass Tape	Test Voltaj [V]	Duration of Test [Min]		
IEC 60331-21	K23 4P1,2 BLACK	1,32	Y	Y	1000	90+15	90+15	90+15
IEC 60331-1	K23 4P1,2 BLACK	1,32	Y	Y	1000	120+15	120+15	120+15
IEC 60331-21	K23 4P1,2 BLACK	1,32	Y	Y	1000	84	120+15	120+15

## 5. Acknowledge

This study was supported by the Department of R&D Center, Nexans Turkey End. Tic. A.Ş and the studies were carried out within the company. The study was carried out with Marmara University-Nexans Turkey Tic. A.Ş. cooperation.

## References

Ivan Ivanov, Graeme Alexander, Comparative study of circuit integrity cable designs and materials for Australian/New Zealand market, 9th International Conference on Insulated Power Cables 2015 (1-5 pp), Versailles – France, Signalling Cable. (2021, 10 October), [https://www.nexans.com.tr/products/TELECOM-INFRASTRUCTURES/Copper-pair-cables/Special-cables/K23-\(PE-AL32436.html](https://www.nexans.com.tr/products/TELECOM-INFRASTRUCTURES/Copper-pair-cables/Special-cables/K23-(PE-AL32436.html)

Simon J. Sutton, Theo Geussens, Kurt Bolz, Cable Oversheath Selection: the Right Material For The Right Application: China International Conference on Electricity Distribution 2010 Conference in (1-6, pp.) China, CISED 2010 Proceedings

Jacint ROVIRA, Montserrat PRAT, Juan de Dios MARTÍNEZ, HFFR Materials With Improved Mechanical Characteristics For

MV Cables: 17th International Conference on Electricity Distribution 2003 Conference in (59-61, pp.), Barcelona, GGC\_Rovira\_A1

R. Polansky, M. Polanska (2015). Testing of the fire-proof functionality of cable insulation under fire conditions via insulation Resistance measurements. Engineering Failure Analysis, 57, 334-349

Shui-Yu Lu, Ian Hamerton (2002). Recent Developments In The Chemistry of Halogen-Free Flame Retardant Polymers. Progress in Polymer Science, 27(1), 1661-1712

Glas Tape Technical Properties. (2021, 12 October), <https://gurfil.com/urun.php?id=4>

IEC, International Electrotechnical Commission. (2021, 10 October), <https://www.iec.ch/homepage>

IEC 60331-1:2018. (2021, 10 October), <https://webstore.iec.ch/publication/28094>

IEC 60331-2:2018. (2021, 10 October), <https://webstore.iec.ch/publication/27836>

IEC 60331-21:1998. (2021, 10 October), <https://webstore.iec.ch/publication/1470>





# GKYM Üretimi ve CO<sub>2</sub> Depolanmasının Sayısal İncelenmesi

Samuel Adamu Abubakar<sup>1</sup>, Serhat Canbolat<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Yakın Doğu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, Lefkoşa, KKTC (ORCID: 0000-0002-5999-8379),  
[20186449@std.neu.edu.tr](mailto:20186449@std.neu.edu.tr)

<sup>2\*</sup> Yakın Doğu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, Lefkoşa, KKTC (ORCID: 0000-0002-7591-8276),  
[serhat.canbolat@neu.edu.tr](mailto:serhat.canbolat@neu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1017191)

**ATIF/REFERENCE:** Abubakar, A.S., Canbolat, S. (2021). GKYM Üretimi ve CO<sub>2</sub> Depolanmasının Sayısal İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 371-376.

## Öz

Enerji kaynaklarının azalmasıyla eşzamanlı artan talebi karşılamak için, konvansiyonel olmayan kaynakların ekonomik ve önemli miktarlarda üretilmesi, kapsamlı araştırmalara gerek duyulmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada kömür yatağı metanı (KYM) üretiminin geliştirilmesi üzerine odaklanılmıştır. KYM ve CO<sub>2</sub>-GKYM (geliştirilmiş kömür yatağı metanı) üretiminde yer alan mekanizmaları tartışmayı ve CMG-GEM simülasyon programı yardımıyla, KYM'den en iyi üretim yöntemi ile en fazla CO<sub>2</sub> (karbondioksit) depolamasını sağlamak için farklı kuyu konfigürasyonlarından yararlanılmıştır. Nijerya, Enugu'daki Onyeama kömür yatağı sahasının özellikleri ile oluşturulan simülasyon modelinde, on değişik senaryo kullanılarak CH<sub>4</sub> (metan) üretimi ve CO<sub>2</sub> depolaması uygulanmıştır. Bu senaryoların her biri, üretim ve enjeksiyon kuyuları için farklı düzenlemelere ve sayılara sahip olduğundan farklı sonuçlar elde edilmiştir. Simülasyonlardan, büyük hacimlerde CO<sub>2</sub>'i depolarken çok fazla metan üretiminin mümkün olduğu görülmüştür. Onuncu senaryonun üretim ve enjeksiyon kuyuları hem depolama hem de üretim açısından en iyi performansı gösterdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** KYM, GKYM, CO<sub>2</sub> Depolaması, CMG GEM.

## Numerical Investigation of ECBM Recovery and CO<sub>2</sub> Sequestration

### Abstract

Depleting amounts of conventional resources with simultaneous increasing energy demand necessitates a thorough look into these unconventional resources in an effort to produce them economically and in considerable amounts. In an attempt at finding ways to deploy properly unconventional resources, this study is focused on the development of coal bed methane (CBM). The goal is to discuss the mechanisms involved in CBM and CO<sub>2</sub>-ECBM (enhanced coal bed methane) production and by performing simulations using CMG-GEM, compare the results from both of these to find the best method of producing from CBM as well as finding out the best well orientation/configuration. The characteristics of the Onyeama coalbed field in Enugu, Nigeria was used to create ten cases to make these comparisons. Each of these cases had different arrangements and numbers for the producer and injector wells and therefore had different results. It was seen from the simulation that it is possible to produce enormous amount of methane (CH<sub>4</sub>) while sequestering large volumes of carbondioxide (CO<sub>2</sub>). Analysing the amount of methane that could be produced and the amount of carbon that could be sequestered showed that the tenth case performed best in term of both sequestration and production.

**Keywords:** CBM, ECBM, CO<sub>2</sub> Sequestration, CMG GEM

\* Sorumlu Yazar: [serhat.canbolat@neu.edu.tr](mailto:serhat.canbolat@neu.edu.tr)

## 1. Giriş

Hidrokarbon kaynaklarının sürekli olarak tükenmesiyle, petrol ve doğal gaz mühendislerinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri, daha fazla hidrokarbonun güvenli ve ekonomik bir şekilde nasıl üretilmesidir. Üretilme kolaylığı büyük ölçüde rezervuarın geçirgenliği/gözenekliliği ile bağlantılı olduğundan, yüksek geçirgenliğe sahip konvansiyonel rezervuarların geliştirilmesi daha kolaydır. Konvansiyonel olmayan rezervuarların geliştirilmesi düşük geçirgenliğe sahip olduklarından ötürü zordur. Konvansiyonel olmayan hidrokarbon kaynakları arasında sıkı kum gazı, kömür yatağı metanı (KYM), şeyl gazı ve gaz hidratları bulunur. Perspektif için, konvansiyonel olmayan kaynakların geçirgenlikleri 0,1 md'den 1 md (mildarcy) gibi değerlere ve %10'dan daha az gözenekliliğe kadar değişirken (Law ve Curtis, 2002), konvansiyonel rezervuarların geçirgenlikleri 0,1 md'den 10D'nin (darcy) üzerine kadar değişir (Gluyas ve Swarbrick, 2013). Yukarıda bahsedilen dört konvansiyonel olmayan hidrokarbon kaynağından bu makalenin odak noktası kömür yatağı metanı (KYM) olacaktır. KYM kaynakları çok düşük geçirgenlik değerlerine sahip olduğundan, ortaya çıkan sorun, bu tür sıkı/geçirimsiz oluşumlardan ticari miktarlarda doğal gazın nasıl üretileceği yönündedir.

Azalan konvansiyonel rezervler nedeniyle, konvansiyonel olmayan hidrokarbon kaynaklarını geliştirme ihtiyacı fazlasıyla artmıştır. Bu makalenin çözümü amaçladığı sorun, gaz üretimi açısından GKYM üretim yöntemini kullanarak farklı kuyu konfigürasyonlarıyla üretilen metan miktarını artırmayı ve CO<sub>2</sub> depolamasını maksimize etmeyi amaçlamaktadır. KYM üretimi üzerine karşılaştırmalı bir çalışma olacaktır. Bu çalışmada CMG GEM – sayısal benzetim (simülasyon) programıyla oluşturulan saha modeli kullanılarak, çeşitli CH<sub>4</sub> üretim ve CO<sub>2</sub> depolama senaryoları uygulanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Hidrokarbon kaynaklarının yenilenemez doğası ve ayrıca hızla artan enerji talebi nedeniyle, zaman ilerledikçe hidrokarbon kaynaklarının kademeli ancak kesin düşüşü şaşırtıcı değildir. Bu nedenle, bu düşüşü telafi etmek için yeni ve sürdürülebilir enerji kaynakları aramaya devam etmek son derece önemlidir. Şekil 1, konvansiyonel ve konvansiyonel olmayan kaynakları artan mevcut hacim sırasına göre ve üretimin zorluğuna göre yukarıdan aşağıya göstermektedir. KYM, şeyl gazı, sıkı kum gazı ve gaz hidratları konvansiyonel olmayan kaynaklardır ve bu çalışmanın odak noktası KYM'dir (Penner, 2013).

Kömür, yüksek miktarda karbon içeren yanıcı, siyah, organik, tortul bir kayadır. Milyonlarca yıl boyunca yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalan ölü bitki ve hayvanlar, kömürleşme olarak bilinen bir süreçte turbaya (bataklık kömürü) ve daha sonra kömüre dönüşmüşlerdir. Kömürün maruz kaldığı koşullara bağlı olarak - sıcaklık, basınç ve oluşum süresi - farklı derecelerde kömürler oluşabilmiştir (Steyn, 2019).

KYM konvansiyonel kömür madenciliği ile ilgili yukarıda bahsedilen sorunlardan dolayı, kömürden daha temiz, daha güvenli ve daha verimli bir enerji üretim yöntemi olarak yaygın olarak kullanılmıştır. Dikkat edilmesi gereken ilginç bir nokta, kömürden çıkarılan metanın yakılmasının petrol veya kömürden çok daha temiz bir enerji kaynağı olduğu ve KYM'den gelen CH<sub>4</sub>



Şekil 1. Konvansiyonel ve konvansiyonel olmayan hidrokarbon kaynakları Kömür Yatağı Metanı (KYM) (Penner, 2013)

gazının diğer herhangi bir enerji kaynağından gelen metandan çok daha saf oluşudur (Abu vd., 2016). KYM üretimi, konvansiyonel olmayan enerji kaynaklarına artan ilgi nedeniyle son yıllarda artmıştır. Queensland gibi yerlerde, sıvılaştırılmış doğal gaz ihracatı için KYM'den metanın kullanılması KYM'ye olan ilgiyi artırmıştır (Mazumder vd., 2013). KYM üretimi, kömürün basıncını metan desorpsiyon basıncına kadar azaltmak için kömürün damarlarında ve kırıklarında bulunan suyun üretilmesini içerir. Denklem 1 de verilmiş olduğu gibi, CH<sub>4</sub> gazının üretilmesi için kömürün mikro gözeneklerinden ve damar yüzeylerinden CH<sub>4</sub> gazının desorpsiyonuna izin vermiştir.

$$V(p) = \frac{V_L P}{P_L} + P \quad (1)$$

burada,  $V(p)$  = bir basınçtaki gaz miktarı, P (scf/ton)

P = basınç (psi)

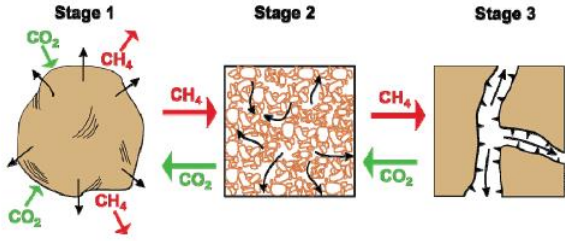
$V_L$  = Langmuir hacim parametresi (scf/ton)

$P_L$  = Langmuir basınç parametresi (psi)

KYM kuyularının uyarılmasıyla ilgili daha önce yayınlanmış bazı yayınlar, şüphesiz bu işlemin gaz üretimini arttırmada ne kadar etkili olduğunu göstermiştir. Hidrolik çatlatma, kömür çatlak ağını geliştirerek yalnızca kömürün geçirgenliğini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda kuyunun ve komşu bölgelerin temizlenmesine de yardımcı olmuştur. Morad ve Tavallali (2011) verimlilik kaybı yaşanmaya başladıktan sonra dikey ve yatay kuyuların çatlatma etkilerini görmek için CMG GEM programıyla bir dizi çalışma yapmışlardır.

### 2.1. Geliştirilmiş Kömür Yatağı Metanı (GKYM)

Aynı zamanda bir karbon depolama yöntemi olarak da hizmet eden konvansiyonel olmayan KYM üretim yöntemi, sıvılaştırılmış CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>'nin, kömür yatağına enjekte edilerek adsorbe edilmesiyle oluşur. Bu tercihli adsorpsiyon nedeniyle, CH<sub>4</sub> desorpsiyonuna izin vermek için rezervuarın basıncını düşürmek yerine, bir tür değişim olarak CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> enjekte edildiğinde CH<sub>4</sub> salınır (Şekil 2) (Godee vd., 2014). Bu konvansiyonel olmayan KYM yöntemine gelişmiş kömür yatağı metanı (GKYM) üretimi denir. KYM'nin birincil gaz kurtarımı tipik olarak yerinde gaz miktarının yüzde 20-60'ına kadar üretme olanağı sağladığı görülmüştür. ABD'deki San Juan havzasında birincil kurtarım yöntemleri, 10 Tcf'ye kadar doğal gazı rezervde bıraktığı hesaplanmıştır (Godee vd., 2014).



Şekil 2. Kömür damarlarında CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> akış süreci (Godee vd., 2014)

Konvansiyonel KYM üretimine kıyasla GKYM tarafından su bertaraf sorununun büyük ölçüde azaltıldığına dikkat etmek önemlidir. Dikkate değer bir başka gerçek ise, bunlar üzerinde daha önce yapılan birçok çalışmanın, GKYM'nin, CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>'nin KYM süreçlerine tabi tutulmuş kömürün yanı sıra üretilmesi zor kömür damarlarından CH<sub>4</sub> üretebildiği bir tür GGK (gelişmiş gaz kurtarımı) süreci olduğunu öne sürülmüştür. Bunu bir perspektife oturtmak gerekirse, konvansiyonel KYM tipik olarak yerinde gazın %50'sinden daha azını üretir ve GKYM yerinde gazın %90'a varan kurtarımını (Falode ve Alawode, 2014) ve bazı durumlarda bunu %94'ünden fazlasını üretebilmiştir (Kovscek vd., 2005).

CO<sub>2</sub>-GKYM üretimi, faydalı olan birkaç CO<sub>2</sub> depolama tekniğinden biridir. Çünkü bu yöntem kullanılarak zararlı bir sera gazından kurtulurken aynı zamanda CH<sub>4</sub> üretimini de arttırmıştır (Stevens vd., 1998). CO<sub>2</sub>-GKYM'nin uygulanacağı muhtemel bir rezervuar için projenin başarısını sağlamak ve belirli kriterlere sahip olması önemlidir. Bu kriterler: CO<sub>2</sub>'nin verimli bir şekilde süpürmesini sağlamak için rezervuarın homojenliği, CO<sub>2</sub>'nin rezervuardan yönlendirilmesini önlemek için yeterince basit bir rezervuar yapısı ve KYM rezervuarları tipik olarak düşük geçirgenliğe sahip olsa da CO<sub>2</sub>'nin rezervuara geçişine izin vermek için en az yaklaşık 5 mD'ye sahip olması önemlidir (Stevens vd., 1998). X-ışını deneyleri ile KYM/GKYM prosesleri sırasında kömürün yapısındaki ve yoğunluğundaki değişimi araştırmak için yapılan bir çalışmada, net stres, gaz adsorpsiyon kapasitesi ve üretim geçmişinin tamamının kömür yoğunluğu ve yoğunluk dağılımlarında değişikliğe neden olduğu fark edilmiştir (Guo ve Kantzas, 2008). CO<sub>2</sub>-GKYM enjeksiyonu birçok yerde uygulanmıştır: ABD'deki San Juan Havzası ve Uinta ve Raton Havzaları, Avustralya'daki Bowen ve Sidney havzaları, Çin'deki Ordos Havzası, Batı Kanada'daki Mannville kömürü vb. Bunlardan elde edilen sonuçlar, GKYM gaz kurtarımının etkinliğini ve bu alanı araştırma ve takip etme konusundaki artan ilgiyi göstermiştir.

## 2.2. Onyeama Kömür Yatağı Sahası

Onyeama kömür yatağı (madeni) Nijerya'nın Anambra havzasında yer almaktadır. Onyeama kömür madeni, Cross nehri ovasının batı kenarında yer alır ve şehrin hemen batısındaki Enugu kayalığına hakimdir. İlk 122 – 152m için, rampa diktir, ancak daha sonra deniz seviyesinden yaklaşık 427m yüksekliğe ve Enugu'nun yaklaşık 183m üzerine daha yumuşak bir şekilde yükselir. Daha batıda, birkaç büyük tepe yaklaşık 518 m yüksekliğe ulaşır (Abu vd., 2016).

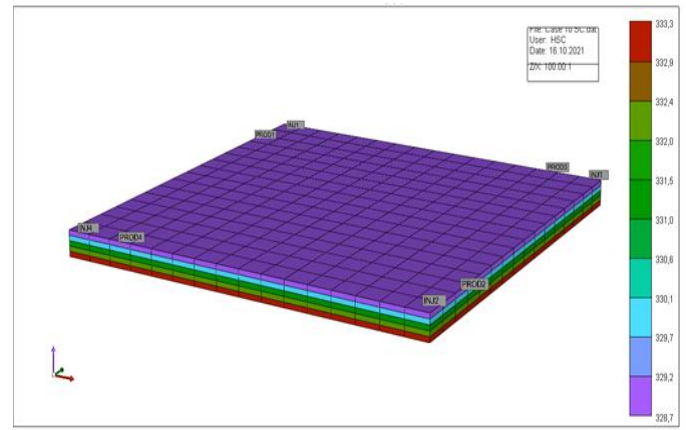
Kömür yatağı alanı 9.404.948.72m<sup>2</sup> olup, 100.2m derinlikte ortalama 1.77m kalınlığındadır. Bu saha, özgül ağırlığı 1.33 (yoğunluk 1.4g/m<sup>3</sup>), gözenekliliği %1.9 ve geçirgenliği 45mD olan alt bitümlü kömür içerir. 40 milyon tonu kantlanmış olan tahmini 150 milyon ton kömür rezervi bulunmaktadır. Onyeama

kömür yatağı sahası maksimum 42.8°C sıcaklığa sahiptir. Onyeama numunelerinden alınan nem içeriği %1.98 ile %4.15 arasında değişmekte olup, ortalama değer %3.40'tır (Abu vd., 2016). Onyeama kömür yatağı sahası, bu makalede KYM ve EKYM'nin uygulamasında ve karşılaştırılması model saha çalışması olarak kullanılmıştır (Abu vd., 2016).

## 2.3. Metodoloji

KYM ve CO<sub>2</sub>-GKYM için hem yatay hem de dikey kuyuların kullanımı, CMG-GEM rezervuar simülatörü kullanılarak araştırılmıştır. Farklı kuyu yönelimleri kullanılarak ne kadar CH<sub>4</sub> üretimi ve CO<sub>2</sub> enjeksiyonunun mümkün olduğunu karşılaştırmak için senaryolar planlanmıştır. KYM modeli senaryoları sonuçlar bölümünde açıklanmıştır.

Tek geçirgenlik, tek gözeneklilik ve tek su doygunluğuna sahip üç boyutlu bir kartezyen model saha birimi sistemine göre oluşturulmuştur. Modelin boyutu 16x16x5 'tir (Şekil 3'te görüldüğü gibi) ve her hücre bloğu hem x hem de y yönlerinde 670.75ft genişliğe ve 5.77ft kalınlığa sahiptir. Model, orijinal olarak tek bir hidrokarbon fazı (CH<sub>4</sub>) ve su içerecek şekilde dizayn edilmiştir. KYM modelinin orijinal yerinde CH<sub>4</sub> miktarı 9.118x10<sup>9</sup> scf olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Onyeama kömür yatağı sahasının üç boyutlu simülasyon modeli

KYM modeli, çatlaklı bir yapıya sahip olacak şekilde hazırlanmış ve rezervuar özellikleri Tablo 1 de verilmiştir. Çatlakların yatay geçirgenliği 45md ve dikey geçirgenlikler 1.1md (yatay geçirgenlikten 42 kat daha az) olarak ayarlanmıştır. Çatlakın başlangıçta su ile doymuşluğunun en yüksek seviyede oluşturulmuştur (Sw = 0,999995). Rezervuar sıcaklığı 95°F olarak kullanılmıştır. Saha modeli bu özelliklerle, gerçek KYM üretimini mümkün olduğunca doğru ve güvenilir tahmin edecek şekilde hazırlanmıştır. Üretim kuyuları, 36.26 psi minimum kuyu dibi basıncıyla sınırlandırılırken, enjeksiyon kuyuları üretim/depoloma dönemi sırasında 2175.56 psi maksimum kuyu dibi basıncı ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca depoloma yaparken, CO<sub>2</sub> enjeksiyonuna izin vermek ve kömürde çatlaklar oluşmasını önlemek için enjeksiyon kuyusu basıncı kısıtlaması 4000 psi'ye yükseltilmiştir.

Oluşturulan model daha sonra 1 Ocak 2020 tarihinden itibaren üretim/enjeksiyon için ekonomik limitine ulaşana kadar CMG-GEM üzerinde 10 yıl çalıştırılmıştır. Ekonomik sınıra ulaşıldıktan sonra, GKYM senaryoları için enjeksiyona 10 yıl daha devam edilmiştir. 15 yıl süren ilk senaryo dışında, diğer tüm KYM senaryoları ekonomik sınıra ulaşmadan 10 yıl süreyle



çalıştırılmış ve üretim durdurulmuştur. GKYM senaryoları için her biri 15 yıl süreyle CO<sub>2</sub> enjeksiyonu ve metan üretimi ile ekonomik limitler göz önünde olmaksızın çalıştırılmıştır ve üretim durdurulmuştur. Bu ekonomik sınıra ulaşıldıktan sonra, rezervuarda önümüzdeki 10 yıl boyunca rezervuar basıncı formasyon çatlatma basıncına ulaşana kadar CO<sub>2</sub> depolanmıştır (Şekil 4, 5)

Tablo 1. Rezervuar Model Değerleri (Abu vd., 2016)

Parameter (birim)	Değer
Rezervuar alanı (dönüm)	2664
Rezervuarın depe noktası derinliği (ft)	328.74
Kalınlı (ft)	5.77
Gözeneklilik (fraction)	0.019
Matris geçirgenliği (md)	0.0001
Yatay çatlak geçirgenliği (md)	45
Dikey çatlak geçirgenliği (md)	1.1
Rezervuar sıcaklığı (°F)	95
Başlangıç matris su doygunluğu (kesirsel)	0.0001
Başlangıç çatlak su doygunluğu (kesirsel)	0.999995
Langmuir CH <sub>4</sub> adsorpsiyon sabiti (1/psi)	0.00199
Langmuir CO <sub>2</sub> adsorpsiyon sabiti (1/psi)	0.00345
Kayaç yoğunluğu (lb/ft <sup>3</sup> )	90
Başlangıç rezervuar basıncı (psi)	3600
CH <sub>4</sub> -Kömür desorpsiyon zamanı (gün)	30

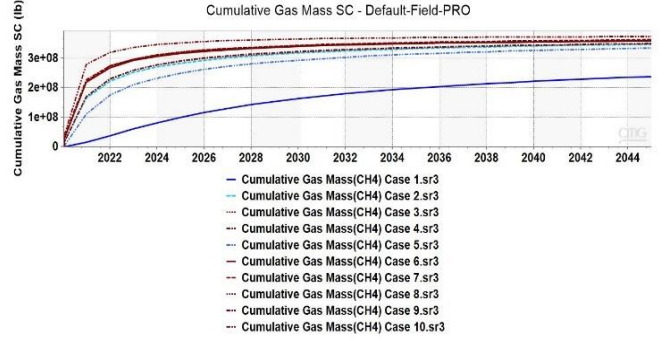
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Araştırma Sonuçları

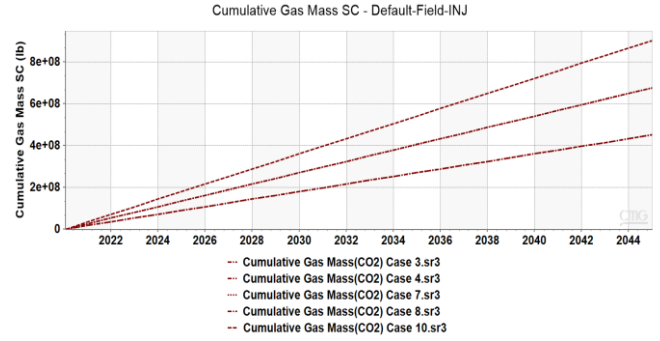
Tüm senaryoların üretilen CH<sub>4</sub> gazı miktarı Şekil 4 te gösterilmiş ve Tablo 2 de kurtarım faktörü ve miktarları verilmiştir. Onuncu senaryonun maksimum miktarda gaz ürettiği tespit edilmiştir. Onuncu senaryoda üretim ve enjeksiyon kuyusu en fazla olması bu sonucu sağlamıştır. Bu yöntem kullanılarak CO<sub>2</sub> gazının rezervuara geçişi sağlanmış (Stevens vd., 1998) ve kullanılan kuyu konfigürasyonları ve yoğunluk farkıyla (Guo ve Kantzas, 2008) iyi bir süpürme sağlanmıştır. Bu sebeple, CH<sub>4</sub> üretimi ve CO<sub>2</sub> depolanması en üst seviyeye ulaşmıştır. Senaryo on'un, %95.2'lik CH<sub>4</sub> geri kazanım faktörü ile 25.6 MMMSCF CO<sub>2</sub> depolanması bunun açık göstergesi olmuştur (Tablo 2).

Endonezya'daki KYM rezervuarında CO<sub>2</sub>-GKYM üretimi karşılaştırılmasının yapıldığı bir simülasyon çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Wahid vd., 2018).

Şekil 6 ile Şekil 15, 3, 4, 7, 8 ve 10 numaralı senaryolar için simülasyonun sonunda adsorbe edilen CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> miktarının model içinde dağılımını göstermektedir. Bu rakamlar, daha fazla kuyu açmanın, üretim sonundaki rakamlarda görülen düşük adsorbe edilmiş metan miktarına yol açmış CH<sub>4</sub> üretimini arttırmıştır. Sonuç olarak daha yüksek miktarlarda adsorbe edilmiş CO<sub>2</sub>'e yol açarak depolamasında benzer bir artışa yol açtığını göstermiştir. Şekillerde de görülen yatay enjeksiyon ve üretim kuyularının açılmasının hem CH<sub>4</sub> üretimini hem de CO<sub>2</sub> depolanması açısından daha iyi performansa yol açtığı teorisi de desteklemiştir.



Şekil 4. Zamana karşı kümülatif CH<sub>4</sub> gazı üretimi



Şekil 5. Zamana karşı kümülatif CO<sub>2</sub> gazı depolanması

Tablo 2. Onyema KYM/GKYM senaryoları üretim sonuçları

#	Senaryo	CH <sub>4</sub> Kurtarımı (MMMSCF)	Kurtarım Faktörü (%)	CO <sub>2</sub> Depolanan (MMMSCF)
1	İki dik üretim kuyulu KYM	4.68	51.3	
2	İki yatay üretim kuyulu KYM	7.49	82.2	
3	İki yatay üretim, iki dik enjeksiyon kuyulu CO <sub>2</sub> -GKYM	7.91	86.8	21.9
4	İki yatay üretim, iki yatay enjeksiyon kuyulu CO <sub>2</sub> -GKYM	7.94	87.0	21.9
5	Beş dik üretim kuyulu KYM	6.92	75.9	
6	Üç yatay üretim kuyulu KYM	8.02	88	
7	Üç yatay üretim, üç dik enjeksiyon kuyulu CO <sub>2</sub> -GKYM	8.32	91.2	23.8
8	Üç yatay üretim, üç yatay enjeksiyon kuyulu CO <sub>2</sub> -GKYM	8.29	90.9	23.5
9	Dört yatay üretim kuyulu KYM	8.05	88.3	
10	Dört yatay üretim kuyulu iki yatay ve iki dik enjeksiyon kuyulu CO <sub>2</sub> -GKYM	8.68	95.2	25.6

#### 3.2. Tartışma

Bu sonuçlar, daha önce yayınlanmış literatürde görüldüğü gibi, kuyu sayısının artmasının gaz üretimi ve depolamasında artışa yol açtığını göstermiştir. Mısır'daki bir saha çalışmasında da daha fazla kuyu eklenmesi nedeniyle üretimde artış görülmüştür (Awaad vd., 2020). Araştırmacılar, ek kuyular açarak kuyular arasında irtibatı arttırmış, süpürülmemiş alanlardan CH<sub>4</sub>'ün üretilebileceğini ispatlamışlardır.



Simülasyondan elde edilen sonuçlar yatay kuyularla yapılan uygulamaların üretime katkısı açıkça göstermiştir. Örneğin, senaryo 5'i (5 dikey kuyulu) senaryo 6 (3 yatay kuyulu) ile karşılaştırdığımızda Tablo 2 de fark açıkça görülmüştür. Yatay kuyular, dikey kuyulara göre rezervuarda daha geniş yüzey alanlarına temas ederek üretme kapasitesini arttırmışlardır. Daha geniş yüzey alanları su üretiminde artışa neden olmuş, rezervuar basıncını azaltmış, gazın desorbe olmasına izin vermiş ve daha fazla CH<sub>4</sub> üretimi sağlamıştır. KYM rezervuarlarını geliştirmek için yatay kuyular kullanılmasından benzer sonuçlar bulunmuştur (Abu vd., 2016).

Senaryo 7'nin (Şekil 10,11), senaryo 8'in (Şekil 12,13) sonuçları ile karşılaştırılması yapıldığında, dikey enjeksiyon kuyularının kullanılması, yatay enjeksiyon kuyularının kullanılmasından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Senaryo 7'de üç yatay ve üç dikey kuyu kullanılmasına göre senaryo 8'de altı yatay kuyu kullanılmasının daha fazla basınç düşüşüne neden olduğu özellikle kuyuların etrafında basınç düşümleri daha fazla olduğundan bunun CH<sub>4</sub> üretimini etkilediği görülmüştür. Tüm kuyuların kuyu dibi basıncı aynı olduğunda, üçüncü senaryoda, bu durum CH<sub>4</sub>'ü kuyudan daha hızlı iten daha yüksek bir düşüm olduğuyla açıklanmıştır. Yatay enjeksiyon kuyuları ve yatay üretim kuyuları kullanıldığında CH<sub>4</sub> üretimindeki bu hafif azalma, literatürde şeyl kumtaşında CO<sub>2</sub> tutulması (Jikich vd., 2003) ve yerinde yakma metodu kullanılarak yapılan çalışmalarda da benzer şekilde rapor edilmiştir (Fatemi vd., 2009).

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, Nijerya'nın Enugu kentindeki Onyeama kömür yatağında KYM ve CO<sub>2</sub>-GKYM uygulamalarının hem yatay hem de dikey enjeksiyon/üretim kuyuları kullanılarak daha fazla CH<sub>4</sub> üretirken aynı zamanda nasıl daha fazla CO<sub>2</sub> depolanması yapılabileceği farklı senaryolarla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmadan çıkarılan temel sonuçlar:

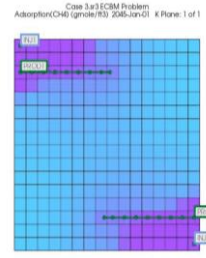
1. Madencilik yapılamayan kömür yatağı rezervuarlarından üretim için konvansiyonel KYM ve CO<sub>2</sub>-GKYM arasındaki kıyaslamada, CO<sub>2</sub>-GKYM'nin CH<sub>4</sub> üretimi açısından en iyi senaryoda daha çok gaz üreten KYM den daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

2. Yatay kuyuların kullanımının genellikle dikey kuyulardan daha iyi sonuçlar verdiğine inanılsada, bazı faktörler bunu geçersiz kılabilmiştir. Bu çalışmada, yedinci senaryonun sekizinci senaryodan daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Bu performans, dört yatay enjeksiyon kuyusu kullanıldığında, üretim kuyusuna daha az CH<sub>4</sub> akışına yol açan ekstra basınç düşüşüne bağlanmıştır.

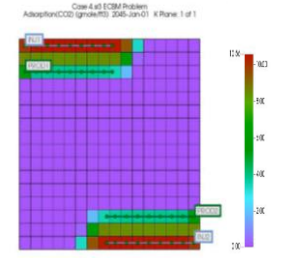
3. Rezervuarı yüksek basınç koşullarına maruz bırakmak, CH<sub>4</sub>'ün çoğu kömür yüzeyinde adsorbe olarak kaldığından daha düşük gaz üretimine yol açmıştır. Öte yandan, rezervuarın düşük basınç koşullarına tabi tutulması, bu koşul altında daha fazla desorpsiyon meydana gelebileceğinden daha yüksek CH<sub>4</sub> üretimine yol açmıştır.

#### 5. Teşekkür

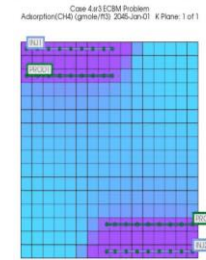
Bilgisayar Modelleme Grubu (CMG) ve ODTÜ Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümüne (Ankara/Türkiye); CMG GEM programının kullanımı için teşekkürlerimizi sunarız.



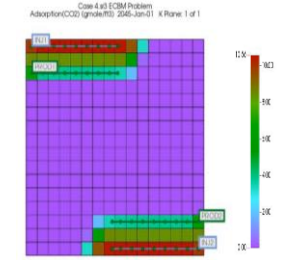
Şekil 6. Senaryo 3 için adsorbe edilen CH<sub>4</sub> miktarı



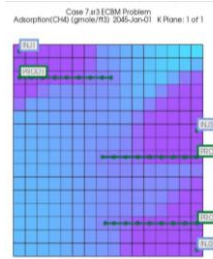
Şekil 7 Senaryo 3 için adsorbe edilen CO<sub>2</sub> miktarı



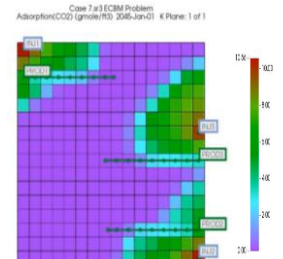
Şekil 8 Senaryo 4 için adsorbe edilen CH<sub>4</sub> miktarı



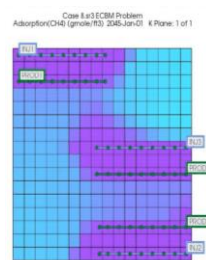
Şekil 9 Senaryo 4 için adsorbe edilen CO<sub>2</sub> miktarı



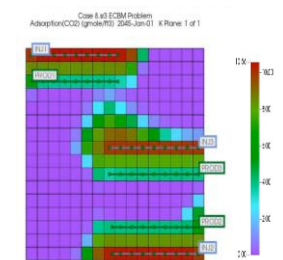
Şekil 10. Senaryo 7 için adsorbe edilen CH<sub>4</sub> miktarı



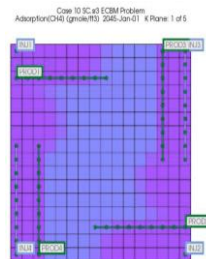
Şekil 11. Senaryo 7 için adsorbe edilen CO<sub>2</sub> miktarı



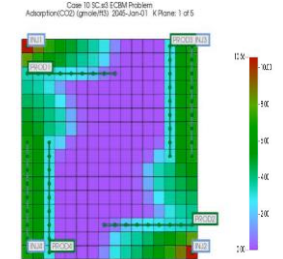
Şekil 12. Senaryo 8 için adsorbe edilen CH<sub>4</sub> miktarı



Şekil 13. Senaryo 8 için adsorbe edilen CO<sub>2</sub> miktarı



Şekil 14. Senaryo 10 için adsorbe edilen CH<sub>4</sub> miktarı



Şekil 15. Senaryo 10 için adsorbe edilen CO<sub>2</sub> miktarı

## **Kaynakça**

- Abu, R. N., Mbanefo, I. O. & Adeloye, O. M. (2016, November). Coalbed Methane Production in Nigeria: Onyema Coalbed. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(11), 377-383
- Awaad, A. H., El-Maraghi, A. M., Gawad, A. A. & El-Banbi, A. H. (2020). Role of Infill Drilling in Increasing Reserves of the Western Desert of Egypt: Case Studies, *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, vol. 23, no. 01, pp. 345-356
- Falode, O. & Alawode, A. (2014). Potentials, Prospects and Challenges of Geologic CO<sub>2</sub> Sequestration for Enhanced Coal-bed Methane Recovery in Nigeria. *American Journal of Science and Technology*, 145-150
- Fatemi, S., Ghotbi, C. & Kharrat, R. (2009). Effect of Wells Arrangement on the Performance of Toe-To-Heel Air Injection. *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*, 3(1), 11-28
- Gluyas, J. & Swarbrick, R. (2013). *Petroleum Geoscience*. New Jersey, NJ: Blackwell Science Ltd.
- Godee, M., Koperna, G. & Gale, J. (2014). CO<sub>2</sub>-ECBM: A Review of its Status and Global Potential. Elsevier, 5858-5869
- Guo, R. & Kantzas, A. (2008). The Stress and Gas Adsorptive Effect on Coal Densities in Laboratory CBM/ECBM Processes. *Canadian International Petroleum Conference*. Alberta: Petroleum Society of Canada. doi:10.2118/2008-142
- Jikich, S. A., Smith, D. H., Sams, W. N. & Bromhal, G. S. (2003). Enhanced Gas Recovery (EGR) with Carbon Dioxide Sequestration: A Simulation Study of Effects of Injection Strategy and Operational Parameters, in *SPE Eastern Regional Meeting*, Pennsylvania
- Kovscek, A. R., Tang, G.Q. & Jessen, K. (2005). Laboratory and Simulation Investigation of Enhanced Coalbed Methane Recovery by Gas Injection. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Texas: Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/95947-MS
- Law, B. & Curtis, J. (2002). Introduction to Unconventional Petroleum Systems. *AAPG Bulletin*, 86(11), 1851-1852. doi:<https://doi.org/10.1306/61EEDDA0-173E-11D7-8645000102C1865D>
- Mazumder, S., Jiang, J., Sharma, V. & Sugiarto, I. (2013). Production Data Analysis of CBM Wells in Surat Basin. *SPE Unconventional Resources Conference and Exhibition-Asia Pacific*, Brisbane: Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/167076-MS
- Morad, K. & Tavallali, M. (2011). The Benefits of Reworking Declining CBM Wells, in *Canadian Unconventional Resources Conference*, Alberta
- Penner, E. (2013, August 22). Daily Blog. Retrieved June 24, 2020, from RBN Energy: <https://rbnenergy.com/the-truth-is-out-there-unconventional-production-economics-part-1-drilling>
- Stevens, S. H., Spector, D., & Riemer, P. (1998). Enhanced Coalbed Methane Recovery Using CO<sub>2</sub> Injection: Worldwide Resource and CO<sub>2</sub> Sequestration Potential. *SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition*. Beijing: Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/48881-MS
- Steyn, J. (2019, June 3). Comparison of Coal-bed Methane to Other Energy Resources. Retrieved June 27, 2020, from OwnerTeamConsultation:<https://www.ownerteamconsult.com/wp-content/uploads/2019/06/Insight-Article-062-CBM-compared-to-Other-Energy-Sources.pdf>
- Wahid, A., Putra, F. A., Hidayat M. T. & Yusuf, M. (2018). Enhanced Coal Bed Methane (ECBM) Recovery: Optimization of CBM Production using Different Injected Gas Composition and Rate for South Sumatra CBM Field, Indonesia, *E3S Web Conf*, vol. 67



# Analysis and Improvement of Production Planning Processes in a Food Factory

Mehmet Savsar<sup>1</sup>, Hasan Çiçek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4299-8545)

<sup>2</sup>Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1956-9750)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035233)

**ATIF/REFERENCE:** Savsar, M. & Çiçek, H. (2021). Analysis and Improvement of Production Planning Processes in a Food Factory. *European Journal of Science and Technology*, (29), 377-386.

## Abstract

Demand forecasting and production planning are the main planning issues in industry. Poor forecasting and ineffective production planning procedures result in either excess inventories or unmet demand. In either case company faces with excessive losses. Over the past century, scientific management principles have been highly developed and can be used to solve these problems. However, many companies either lack engineering and management knowledge in this respect or are careless in applying already available forecasting and planning tools. This study presents a case application which illustrates the use of available management tools and shows how a significant amount of cost savings can be achieved by just applying basic tools and procedures. The paper can be useful for practicing engineers and production planning managers in future applications.

**Keywords:** Forecasting, production planning, EOQ, inventory management, safety stocks, food production.

## Bir Gıda Fabrikasında Üretim Planlama Süreçlerinin Analizi ve İyileştirilmesi

### Öz

Talep tahmini ve üretim planlaması, endüstrideki ana planlama konularıdır. Yetersiz tahmin ve etkisiz üretim planlama prosedürleri, ya fazla stokla ya da karşılanmayan taleple sonuçlanır. Her iki durumda da şirket aşırı kayıplarla karşı karşıyadır. Geçen yüzyılda, bilimsel yönetim ilkeleri oldukça gelişmiş olup, bu sorunları çözmek için kullanılabilir. Ancak, birçok şirket bu konuda ya mühendislik ve yönetim bilgisinden yoksundur ya da halihazırda mevcut olan tahmin ve planlama araçlarını uygulamada dikkatsizdir. Bu çalışma, mevcut yönetim araçlarının kullanımını gösteren ve sadece temel araç ve prosedürleri uygulayarak önemli miktarda maliyet tasarrufunun nasıl sağlanabileceğini gösteren bir vaka uygulaması sunmaktadır. Bu makale, gelecekteki uygulamalarda mühendisler ve üretim planlama yöneticileri için yararlı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tahmin, üretim planlama, EOQ, EPQ, envanter yönetimi, gıda üretimi.

<sup>1</sup> Corresponding Author: Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4299-8545, [mehmet.savsar@uskudar.edu.tr](mailto:mehmet.savsar@uskudar.edu.tr)

## 1. Introduction

Companies usually face problems in the planning and control process for raw material, production, and final products. Timely supply and storage of raw material is essential for the continuity of the production; the production department has to make right plans to meet the demand for the final products on time; and the right amount of final product inventories must be held in order to avoid delays in meeting customer demand due to production fluctuations and uncertainties. While control mechanism in a company assures if the plans are being implemented right and the operations are carried out as planned, planning is the most important activity in any industrial setting. In order to make right plans, data and information related to the operational activities must be collected and analyzed. One of the procedures that is utilized by all manufacturing companies is forecasting or predicting the requirements in the future. However, uncertainty and related risks are the most important factors that complicate the decision-making process for managers. Mozelewski and Scheller (2021) stated that forecasts support decision makers in taking right decisions while making plans, preparing for future conditions and using resources in the most effective way. Yenradeea, et al. (2001) presented a demand forecasting and production planning model and analysis for a pressure container factory, where the demand patterns of individual product groups were highly seasonal. Amare, et al. (2021) discussed the forecasting, production planning, and productivity improvement issues for a pulp and paper manufacturing company. The goal of their work was to discover the problems that lead to poor company production planning and control systems. Methods were used to gather and interpret data by observations, which resulted in an in productivity and efficiency in the manufacturing system. Jaipuria and Mahapatra (2014) made a demand forecast with data from three different sectors (automotive, cement, and steel) to make an accurate demand forecast in an uncertain environment and at the same time reduce the bullwhip effect caused by demand variability. Kandananond (2012) forecasted the demand of daily consumer products and Murphy et al. (2014) made a demand forecast of the raw milk production farm using a 3-year data set.

McGarrie (1998) describes the development and application of a production planning framework for small manufacturing companies. The framework has been validated in ten small manufacturing companies in the UK. Rianthong et. al. (2019) presented an aggregate production planning case study in a small-sized company. Savsar and Abdulmalek (2008) developed a model for a pull-push assembly system to minimize inventory and demand delay costs by using simulation techniques. Savsar (2017) studied a food processing assembly system and presented a procedure to improve system efficiency and productivity.

The inventory management system provides information to efficiently manage material flow, use equipment effectively, and communicate with customers. It ensures that stocks are kept at desired levels. Wei et al. (2013) studied the stability and bullwhip effect of a production and inventory control system.

According to Shin et al. (2015), inventory management is the technique of managing, controlling, and improving the stock levels of raw materials, semi-finished products, and finished goods so that regular sourcing can be obtained at minimum cost. Ensuring appropriate stock levels is an important issue in the performance of firms. Appropriate stock levels depend on the production schedule as a managerial response to market demand. Excess inventories increase costs, while stock shortages can cause lost sales. It can also be reflected in the efficiency of the company with efficient stock management, lower storage costs, and greater customer loyalty.

Forecasting and production inventory planning are very much related subjects. Research in these directions is countless. Every year thousands of research papers are being published in these areas. However, most of the papers are theoretical and their applications are rather limited. In this paper we present a case application of both demand forecasting and production planning for a company. Several basic procedures, which could be very useful for production and planning engineers, have been applied to case problems and the results are presented.

## 2. Analysis of the Production and Inventory System

The Canned Food Company considered in this study produces a variety of canned foods based on demand. The lead time between placing an order and receiving it is 21 days. This period is set to ensure the availability of the relevant raw materials. In addition to its factory, the company has a warehouse in another location for packing material, as well as a warehouse for exported goods located near the port. The factory has three raw material inventories. One is for labels (including can labels and special offers labels), spices inventory (for example, sugar and salt) and can plant inventory (such as copper wires and glue). The final product inventory has a capacity of 100,000 cans. Figure 1 shows the material flow structure for the company inventories. Main problems faced by the company related to production, inventory, and material flow in general are listed below.

1. The company cannot meet the demand on time due to poor production plans.
2. Some processes take longer due to poor planning.
3. Excessive inventory is held in the system.
4. Lead time is relatively long for the final product.

The following procedure was used to solve the problems company was facing:

5. 1. Demand was forecasted for all 27 types of goods produced using past data.
6. 2. Production capacity was estimated to determine if demand could be covered.
7. 3. Inventory and production plans developed for raw material and finished products.



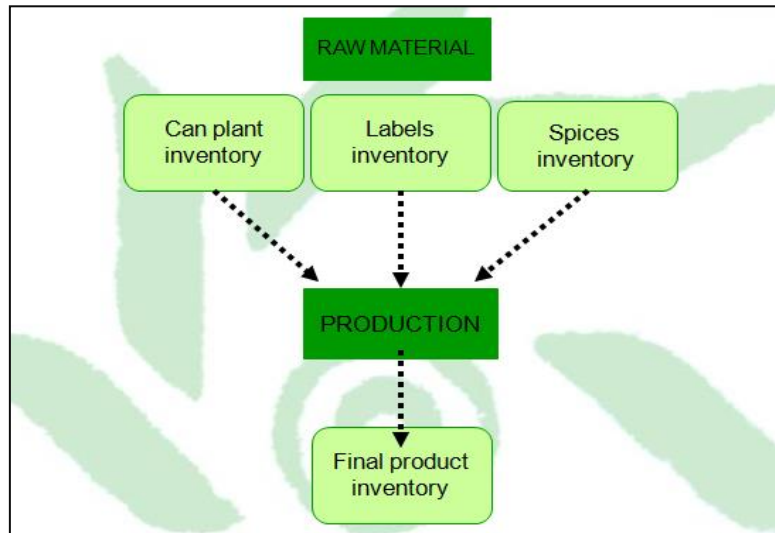


Figure 1. Inventory flow in the factory.

The following step by step methodology was used for solution of the problems:

1. Data was collected for the past three years for all goods.
2. Forecasting methods were applied to determine the demand for the next year.
3. Best forecasting method was selected based on forecasting errors.
4. Current inventory system and order quantities for raw material were analyzed based on forecasted demand.
5. Inventory models were used to determine optimum order quantities, which were compared to current system.
6. Current production plan and lot sizes were analyzed.
7. Production planning models were applied to determined optimum lot sizes.
8. Production capacity was checked if it was matched with the plan.
9. Capacity was adjusted according to the demand.
10. Service level calculations were made to determine safety stocks.

### 3. Demand Forecasting for the Canned Food

Demand forecasting is the activity of estimating the demand of products that consumers will purchase in the future. It involves techniques such as methods that can be used to predict the future demands or sales. Forecasting depends on the trend of the historical data, and the company's demand of the final products have a trend and seasonality in every September of each year, considering three years back. In this study the demand was forecasted for the next five years for capacity planning and for the next one year for production planning. The appropriated method that will be applied to forecast the demand must be with least error based on the (Mean Absolute Deviation (MAD) for each method. The tested forecasting methods were as follows:

- Moving average method
- Exponential smoothing with trend method
- Regression method
- Winter's method
- Holt's method

Based on the MAD error estimations, it was found that Holt's Method was the most appropriate method for forecasting the demand for 27 food products produced by the company under study. The Holt's method is designed to track time series with linear trend. Two smoothing constant  $\alpha$  and  $\beta$  must be specified for two smoothing equations below:

$$\begin{aligned}
 S_t^* &= (\alpha)(D_t^*) + (1-\alpha)(S_{t-1}^* + G_{t-1}) \\
 G_t^* &= (\beta)(S_t^* - S_{t-1}^*) + (1-\beta)(G_{t-1}^*) \\
 S_{t-1}^* &= D_{t-1}^* \\
 G_{t-1}^* &= (D_i^* - D_j^*) / (i - j) \\
 F_{t,t+\tau}^* &= S_t^* + \tau G_t^* \\
 F_t &= F_t^* (CQ_t^*)
 \end{aligned}$$

[1]

Where  $S_t^*$  is the value of the intercept,  $G_t^*$  is the value of the slope,  $F_t^*$  symbolizes the forecast of the deseasonalized unit and  $F_t$  is the final forecast of the original units. To compute the value of  $G_{t-1}^*$ , an approximate trend line should be obtained by eyeballing the data. The first point the trend line goes through is the value of (i) and the last point is the value of (j). The forecasting results will not be presented for all 27 products due to space limitations. Only the case for baked beans is shown in Figure 2 for illustration.

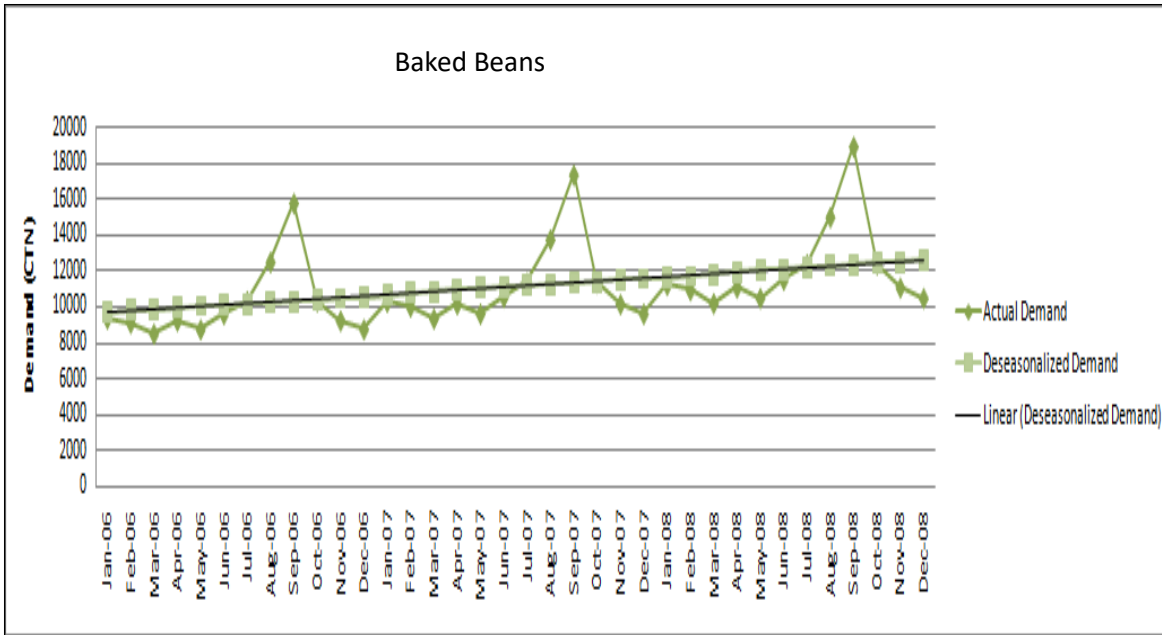


Figure 2. Forecasting model for seasonality & trend for baked beans.

As it is seen in the figure, there is a clear seasonality in every September. As mentioned previously, the value of  $Gt-1^*$  can only be determined if a trend line passing through the deseasonalized demand is drawn. The trend line passes through  $D10^*$  and  $D30^*$  which are the values of (i) and (j) respectively. While it is not possible to present all the results in a tabular form, forecasting results for baked beans are shown in Figure 3. For example, expected demand in period 10,  $D10^*$  is 10344. Different values of  $\alpha$  and  $\beta$  were generated. It happens to be that when  $\alpha$  is 0.9 and  $\beta$  is 0.1, the error is at its minimum. From the Figure 3, the forecasted demand is almost overlapping the actual

demand. This indicates that the error is very low. After applying Holt's method, the following results were achieved for the baked beans. Mean Absolute Deviation = 12.542; Mean Square Error = 385.972. The same procedure is applied to the rest of the products and the results are summarized in Table 1. Forecasted demand for the next 5-years for baked beans are shown in Figure 4. The same was done for the rest of the 27 products. For all products, the trend line was passing through  $D10$  and  $D30$ . The values of these two demand points, Mean Absolute Deviation (MAD), and Mean Square Error (MSE) are given in Table 1. Using the forecasting method presented above, the demand was forecasted for the next 5 years for all 27 products.

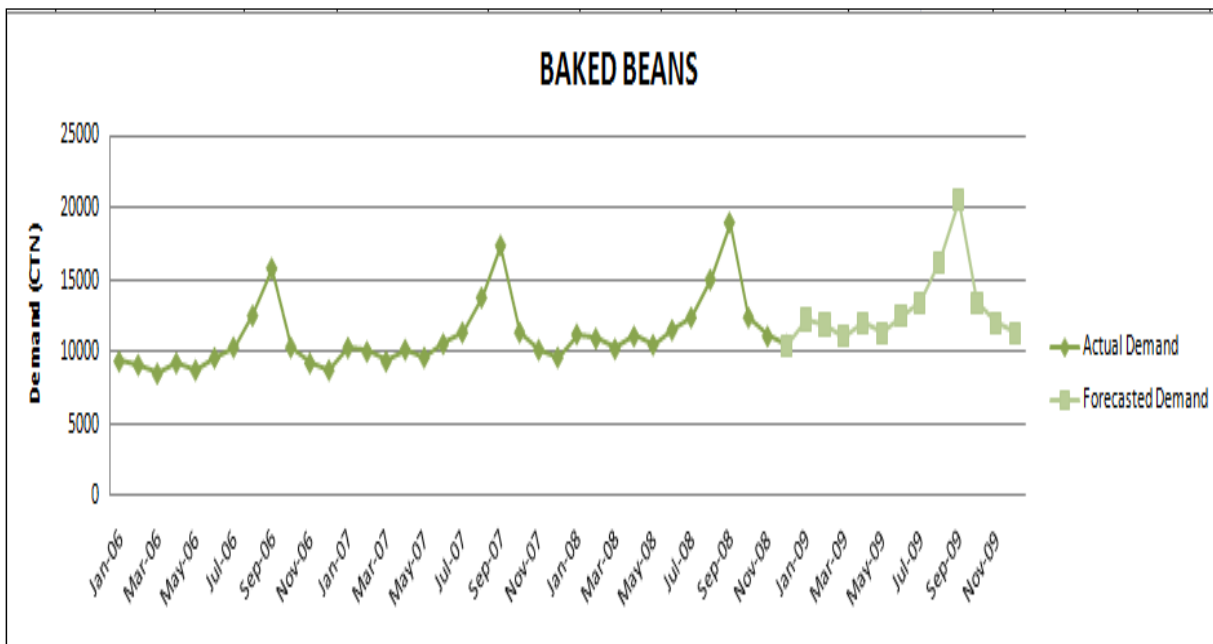


Figure 3. Forecasting results for the demand for baked beans.

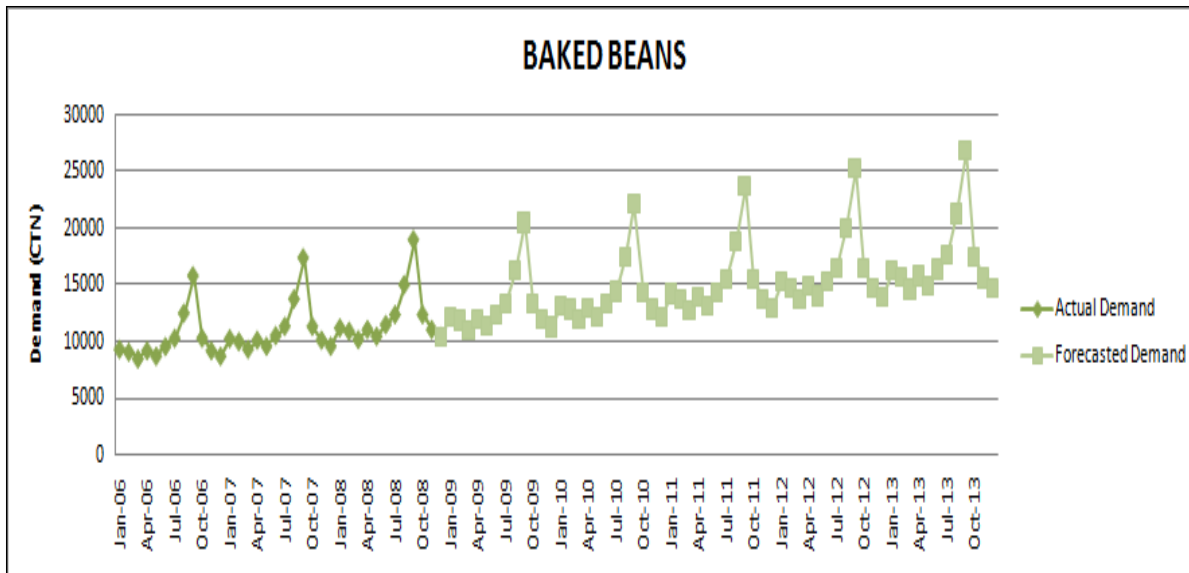


Figure 4. Forecasted demand for the next 5-years for baked beans.

Table 1. Demand forecasting results and related errors for 27 canned foods (partial)

Product Name	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	MAD	MSE
1. Black Eye Beans	1467	1713	1.779	7.765
2. Broad Beans	14673	17127	17.791	776.660
3. Chick Peas	19508	22771	23.654	1372.860
4. Chick Peas 10mm	2539	1963	3.078	23.251
...	..	..	..	..
...	..	..	..	..
26. Sweet Corn	1871	2184	2.269	12.230
27. White Beans	384	448	4.607	119.103

Figure 5 illustrates the 5-year forecasting for the case of baked-beans. Forecasting for the rest of the 26 products was done similarly. These results are reproduced here, since it is not necessary. The forecasted demand is used in inventory planning for economic order quantity calculations, which is discussed in the next section.

#### 4. The EOQ Calculations for Canned Food Production Planning

The Economic Order Quantity (EOQ) is essentially an accounting formula that determines the point at which the total of two conflicting costs, namely the order costs and inventory carrying costs, is the least. The result is the most cost-effective quantity to order. In purchasing, this is known as the order

$$TC = C_h(Q/2) + C_o(D/Q) \quad [2]$$

$$Q^* = \sqrt{2C_oD/C_h} \quad [3]$$

$$TC^* = \sqrt{2C_oDC_h} \quad [4]$$

Using the forecasted demand and the cost figures for each raw material with the EOQ formula, the optimum order quantities are obtained for each raw material. Table 2, 3, and 4

quantity, whilst in manufacturing it is known as the production lot size. While EOQ may not apply to every inventory situation, most organizations will find it beneficial in at least some aspect of their operation. The EOQ formula, also known as Wilson's formula, as attributed to its developer, has been used since the beginning of 20th century. Thus, it is not a new formula, but its correct application is crucial. The formula is reproduced here and applied to the case of the company under consideration. Related parameters are as follows: Q = Order quantity; Q\* = Optimal order quantity; D = Annual demand quantity of the product (average demand for three years was used); C<sub>h</sub> is total annual holding cost per unit (also known as carrying cost); C<sub>o</sub> is the ordering cost per order. Based on these definitions, total cost equation [2] is differentiated with respect to Q and optimum Q\* and the minimum total costs are obtained by EOQ model.

compares the optimum order quantities to the current order quantities for the labeling raw material, spices, and the food raw material respectively.

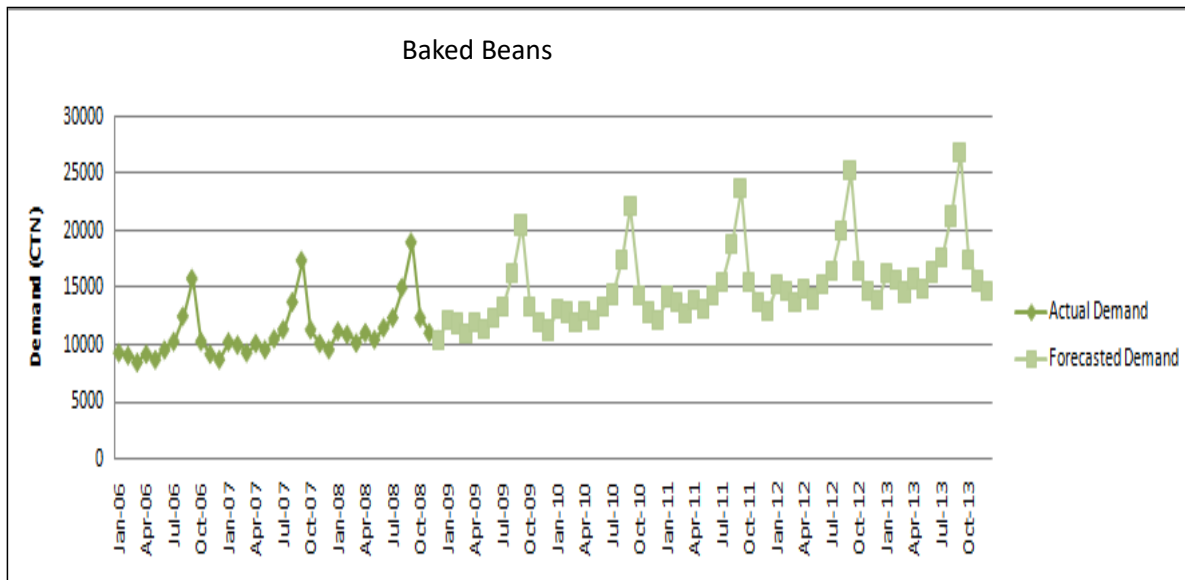


Figure 5. Forecasted demand for baked beans.

As it is seen from these tables, the optimum order quantities deviate much from the current order quantity. Apparently, the company was not using the EOQ in their order process as it is done by most other companies. The benefit of using EOQ is illustrated here by calculating the total inventory costs under the currently practiced ordering policies and the proposed optimum ordering policies for different raw material. (CTN=Counting;

PCs=Pieces; Kg=Kilograms). The results are shown in Tables 5, Table 6, and Table 7. As it can be seen from these results, the inventory cost savings was 574.32 dollars for the labeling material, 186.40 dollars for spices raw material, and 12,406.92 dollars for the canned food raw material. The total savings was 13,167.64 dollars per year. This saving could be achieved by just changing the ordering policy based on optimum order quantities calculated and given in Table 3 and 4.

Table 2. The current and optimal quantities for the can plant.

Item	Unit	Q	Q*
Labels	CTN	2000	1474
Copper Wire	Kg	4250	812
Lids	CTN	2000	1266
Tin-sheet	CTN	1000	847
Cartoon	CTN	1500	1030
Shrink Film	PCS	30000	26857
Glue	Kg	6751	3071
Lacquer	Kg	6179	1593

Table 3. The current and optimal quantities for the spices.

Item	Unit	Q	Q*
Tomato Pasta	Kg	6000	3537
Lemon Juice	Liter	500	339
Green Color	Kg	1000	405
Edta	Kg	1000	775
Citric Acid	Kg	3000	1960
Camon Powder	Kg	1000	596
Chick Peas Powder	Kg	2000	1695
Spices	Kg	1000	548
Whole Red Chili	Kg	500	381
Onion Powder	Kg	2000	706
Powder Red Chili	Kg	1200	1014



Table 4. The current and optimal quantities for the beans.

Item	Unit	Q	Q*
Black Eye Beans	Kg	10553	2096
Broad Beans	Kg	132234	17287
Chick Peas 8mm	Kg	101930	18899
Chick Peas 7mm	Kg	27500	4633
Chick Peas 10mm	Kg	46309	6619
Whole Mushrooms	Kg	18750	2972
Mushroom Stems and Pieces	Kg	18750	2412
Green Peas	Kg	61291	2419
Mixed Vegetables	Kg	25811	2013
Navy Beans	Kg	53905	5228
White Beans	Kg	18766	2499
Peeled Fava Beans	Kg	65000	11185
Fava Beans	Kg	71153	7396
Red Kidney	Kg	33869	2070
Sweet Corn	Kg	33572	5806
Lima Beans	Kg	19184	4229
Carrots	Kg	12000	4883

Table 5. Inventory cost comparisons for the labeling raw material.

Item	Unit	TC	TC*	TC-TC*
Labels	CTN	448	424	24
Cooper Wire	Kg	496	180	316
Lids	CTN	80	72	8
Tin-sheet	CTN	32	28	0
Cartoon	CTN	40	36	4
Shrink Film	PCS	32	28	0
Glue	Kg	240	176	64
Lacquer	Kg	300	144	156
			Sum=	574.32

## 5. Service Level Calculations

The service level expresses the probability that a certain level of safety stock will not lead to a stock-out. Naturally, when safety stocks are increased, the service level increases as well. Three scenarios of service level percentages were applied to the average demand of the raw materials in order to evaluate the safety stock for each item. If the company applies one of the scenarios, it will consider the safety stock and the total cost for

D: Average demand.

Q: Order quantity.

L: Lead time.

DL: Demand during lead time.

SS: Safety stock.

$\mu$ : Mean of the demand during lead time (DL)

$\sigma$ : Standard deviation of the demand during lead time.

it. The following conditions related to the service level hold: The labels, cartons and the spices are locally provided, but the other raw materials are provided from different countries. The local raw materials have an average lead time of one week, while the other materials have an average lead time of three months. The three different service levels tested were 90%, 95%, and 99%. All raw materials follow a normal distribution. Parameters related to the calculations are as follows:

Table 6. Inventory cost comparisons for the spices raw material.

Item	Unit	TC	TC*	TC-TC*
Tomato Pasta	Kg	160	137.96	22.04
Lemon Juice	Liter	64	59	5
Green Color	Kg	192	133.48	58.52
Edta	Kg	48	46.48	1.52
Citric Acid	Kg	112	102.04	9.96
Camon Powder	Kg	64	53.68	10.32
Chick Peas Powder	Kg	68	66.08	1.92
Spices	Kg	80	65.72	14.28
Whole Red Chili	Kg	40	37.76	2.24
Onion Powder	Kg	152	95.24	56.56
Powder Red Chili	Kg	60	57.76	2.24
			Sum=	186.4

Table 7. Inventory cost comparisons for the canned food raw material.

Item	Unit	TC	TC*	TC-TC*
Black Eye Beans	Kg	301.76	169.76	132.04
Broad Beans	Kg	3254.96	1244.68	2010.32
Chick Peas 8mm	Kg	2572.48	1360.72	1211.72
Chick Peas 7mm	Kg	974.8	472.6	502.24
Chick Peas 10mm	Kg	1288.64	536.16	752.48
Whole Mushrooms	Kg	1167.4	534.88	632.48
Mushroom Stems and Pieces	Kg	1152.92	434.12	718.8
Green Peas	Kg	1044.4	123.36	921.04
Mixed Vegetables	Kg	963.72	223.4	740.32
Navy Beans	Kg	464.08	133.16	330.96
White Beans	Kg	1078.84	419.8	659.04
Peeled Foul	Kg	2376.04	1174.44	1201.64
Fava Beans	Kg	1590.72	488.16	1102.6
Red Kidney	Kg	1053.68	192.12	861.56
Sweet Corn	Kg	1157.56	574.76	582.84
Lima Beans	Kg	139.8	86.16	53.64
Carrots	Kg	55.84	54.6	1.24
			Sum=	12406.92

The mean and the standard deviation are obtained by fitting the demand during lead time to a distribution using Arena (Kelton,

2012) input analyzer. Safety stock (SS) is calculated by the following formula:

$$SS = \mu + z \sigma$$

Total Inventory Cost with safety Stock,  $TC(SS) = TC(Q) + C_h(SS)$

[5]

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Table 8 shows the average demand, mean and standard deviation of demand during lead time, optimum order quantity Q, total inventory cost (TC(Q)), and the holding cost for the list of products for which service level were calculated. We did not include sauces, paste, and spice group of products as they were not very crucial. Table 9 shows the safety stock inventory costs

at different service levels. After applying the three scenarios of the service levels for the beans, it was found that the 90% service level once again gives the least total cost, which is equal to 36204.92 \$/year, according to the safety stock. The total cost of the current order quantity without keeping any safety stock is equal to 20637.36 \$/year.

Table 8. Average demand, optimum order quantity and the costs for the beans

Product	Average Demand	Unit	Mean	Stand. dev	Q	TC(Q)	C <sub>h</sub>
Black Eye Beans	88936	Kg	1853	794	10553	301.76	0.08
Broad Beans	768446	Kg	15328	7133	132234	3254.96	0.07
Chickpeas 8mm	1168924	Kg	17262	16829	101930	2572.48	0.07
Chickpeas 7mm	608219	Kg	12671	5429	27500	974.80	0.10
Chickpeas 10mm	161314	Kg	3361	1440	46309	1288.64	0.08
Whole Mushrooms	132455	Kg	3356	7122	18750	1167.40	0.18
Mushroom Stems and Pieces	109071	Kg	2272	974	18750	1152.92	0.18
Green Peas	24859	Kg	7392	5614	61291	1044.40	0.05
Mixed Vegetables	37465	Kg	1873	1824	25811	964.00	0.11
Navy Beans	24859	Kg	3760	9203	53905	464.00	0.02
White Beans	37465	Kg	518	222	18766	1080.00	0.17
Peeled Foul	820995	Kg	780.5	334.5	65000	2376.00	0.10
Fava Beans	128946	Kg	15709	8098	71153	1592.00	0.07
Red Kidney	24859	Kg	3096	7061	33869	1052.00	0.09
Sweet Corn	208549	Kg	4345	1861.5	33572	1156.00	0.10
Lima Beans	26026	Kg	542.3	232.5	19184	140.00	0.02
Carrots	16664	Kg	347.3	149	12000	56.00	0.01
SUM						20637.36	

Table 9. Safety stock costs at different service levels the beans

Product	SS For 90%	TC (SS) 90%	SS For 95%	TC (SS) 95%	SS For 99%	TC (SS) 99%
Black Eye Beans	2869	531.28	3154	554.12	3694	597.28
Broad Beans	24458	5015.96	27026	5200.80	31876	5550.04
Chickpeas 8mm	38802	5366.24	44860	5802.40	56304	6626.32
Chickpeas 7mm	19620	3015.28	21574	3218.52	25265	3602.40
Chickpeas 10mm	5204	1704.96	5722	1746.44	6702	1824.76
Whole Mushrooms	12471	3412.16	15035	3873.64	19877	4745.32
Mushroom Stems/pieces	3518	1786.24	3869	1849.32	4531	1968.48
Green Peas	14577	1802.40	16598	1907.48	20415	2105.96
Mixed Vegetables	4208	1435.00	4865	1508.56	6105	1647.48
Navy Beans	15540	837.04	18853	916.56	25111	1066.76
White Beans	802	1213.64	882	1227.04	1033	1252.40
Peeled Foul	1209	2501.76	1329	2514.28	1557	2537.92
Fava Beans	26075	3363.80	28990	3562.04	34497	3936.52
Red Kidney	12134	2170.04	14676	2403.88	19478	2845.60
Sweet Corn	6727	1830.32	7398	1897.32	8663	2023.92
Lima Beans	840	156.60	924	158.28	1082	161.44
Carrots	538	62.28	592	62.92	693	64.16
Sum		36204.92		38403.64		42556.80

The total costs for different service levels are summarized in Table 10. As it is seen in the table, the scenario is to have a 90% service level with a total cost of 36205 dollars per year. As it was mentioned before, if no safety stocks were kept the total inventory costs would be 20637.36 \$/year. But, with such a policy, the company would run out of stocks 50% of time, while with the best safety stock policy, the probability or percent of time the company would run out of stocks would be only 10% of

time. It is necessary to look into shortage costs to see if the additional cost of 36,205-20,638=15,567 \$/year is justified to keep safety stocks. Because, we did not have data for shortage costs, we could not make such an analysis. However, if such analysis could be done, it would be most likely that keeping safety stocks would be justified. If just optimum EOQ model was implemented during the past 3 years, the company would have saved \$13,164 per year. In addition to the EOQ and safety

stocks analysis, economic production quantity (EPQ) analysis was also performed on all products. The models and procedures are not included in this paper due to excessive amount of material and tables. It was found that if optimum EPQ models

were implemented during the past three years, the company would have saved \$50,976 per year and if optimum EPQ model were implemented in the coming next year, the company could save \$18,912 on total inventory costs.

Table 10. Total costs for the different service levels.

Service Level	TC(\$/yr.)
Scenario 1: 90%	36204.92
Scenario 2: 95%	38403.64
Scenario 3: 99%	42556.80

## 6. Conclusions

This study involved with the analysis and improvement of the production planning processes in a canned food factory. After testing several forecasting methods, Holt's method was the most appropriate procedure for forecasting the demand for 27 food products. After forecasting the demand, economic order quantities were calculated using EOQ model for each product, which resulted in optimum order quantity and the minimum cost. Furthermore, the EPQ model was applied to the same products to determine the optimum production quantities for the set up of the line for each product. It was found that the company could have substantial savings if these already available formulas and the procedures were correctly applied. The procedures and the case applications presented in this paper illustrate the importance of the use of production planning tools in reducing the production and inventory costs.

## References

Amare, T., Singh, B., Kabata, G., and Bhaskaran J. (2021) "Improvement Analysis of Production Planning and Control System", *Industrial Engineering & Management* Vol. 10, No. 3.

Jaipuria, S., & Mahapatra, S. S. (2014). An improved demand forecasting method to reduce bullwhip effect in supply chains. *Expert Systems with Applications*, 41(5), 2395-2408

Kandanand, K. (2012). Consumer product demand forecasting based on artificial neural network and support vector machine. *International Journal of Economics and Management Engineering*, 6(3), 313-316.

McGarrie, B. (1998), "Case study: production planning and control - selection, improvement and implementation", *Logistics Information Management*, Vol. 11 No. 1, pp. 44-52.

Mozelewski, T. G., & Scheller, R. M. (2021). Forecasting for intended consequences. *Conservation Science and Practice*, 3(4), 370-380.

Murphy, M. D., O'Mahony, M. J., Shalloo, L., French, P., & Upton, J. (2014). Comparison of modelling techniques for milk-production forecasting. *Journal of dairy science*, 97(6), 3352-3363.

Rianthong, S., Ruekkasaem, L., and Aungkulanon, P. (2019) "Aggregate Production Planning, Case Study in a Small-Sized Company in Thailand", *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* 10(12): pp.182-187.

Savsar, M. and Abdulmalek, F. (2008), "Modeling of a Pull-Push Assembly Control System to Minimize Inventory and

Demand Delay Costs", *International Journal of Industrial Engineering*, Vol. 15, No. 1.

Savsar, M. "Analysis and Improvement of Efficiency for Food Processing Assembly Lines," *International Conference on Production Engineering and Management*, 24-25 April 2017, Boston, USA.

Shin, S., Ennis, K. L., & Spurlin, W. P. (2015). Effect of inventory management efficiency on profitability: Current evidence from the US manufacturing industry. *Journal of Economics and Economic Education Research*, 16(1), 98.

Wei, Y., Wang, H., & Qi, C. (2013) "On the stability and bullwhip effect of a production and inventory control system", *International Journal of Production Research*, 51(1), 154-171.

Yenradeea, P., Pinnoi, A., and Charoenthavornying, A. (2001). "Demand Forecasting and Production Planning for Highly Seasonal Demand Situations: Case Study of a Pressure Container Factory", *Science Asia*, Vol. 27, pp. 271-278.





# Effects of Maintenance Policies on Production Costs and System Reliability in a Canned Food Factory

Mehmet Savsar<sup>1\*</sup>, Hasan Çiçek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4299-8545)  
<sup>2</sup>Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1956-9750)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035168)

**ATIF/REFERENCE:** : Savsar, M. & Çiçek, H. (2021). Effects of Maintenance Policies on Production Costs and System Reliability in a Canned Food Factory. *European Journal of Science and Technology*, (29), 387-396.

## Abstract

This paper presents a procedure for modeling and analysis of maintenance operations in a factory. A canned food production facility was analyzed in detail and the effects of different maintenance policies on production system performance was determined. It was found that selection of an appropriate maintenance policy significantly reduced production costs and increased equipment availability, production line reliability and its output rate. The procedures outlined and the models used in this paper can be used by operational managers and maintenance engineers to increase performance of their production lines.

**Keywords:** Production line, preventive maintenance, corrective maintenance, reliability centered maintenance, reliability.

## Bir Konserve Fabrikasında Bakım Politikalarının Üretim Maliyetlerine ve Sistem Güvenilirliğine Etkileri

### Öz

Bu makale, bir fabrikadaki bakım işlemlerinin modellenmesi ve analizi için bir prosedür sunmaktadır. Bir konserve üretim tesisi detaylı olarak analiz edilmiş ve farklı bakım politikalarının üretim sistemi performansına etkileri belirlenmiştir. Uygun bir bakım politikasının seçilmesinin üretim maliyetlerini önemli ölçüde azalttığı ve ekipman kullanılabilirliğini, üretim hattı güvenilirliğini ve çıktı oranını artırdığı bulundu. Bu makalede özetlenen prosedürler ve kullanılan modeller, üretim hatlarının performansını artırmak için operasyon yöneticileri ve bakım mühendisleri tarafından kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim hattı, önleyici bakım, düzeltici bakım, güvenilirlik merkezli bakım, güvenilirlik.

\* Corresponding Author: Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4299-8545, [mehmet.savsar@uskudar.edu.tr](mailto:mehmet.savsar@uskudar.edu.tr)

## 1. Introduction

Maintenance is one of the major problems in manufacturing industry. Machinery must be maintained regularly to avoid failures, which cause significant losses in production and company revenues. Maintenance of the equipment must be planned well, and appropriate tools must be utilized to schedule the related activities on the right time to avoid time losses due to schedules. Mobley (1990) indicated that between 15-40 % of operation costs may be directly or indirectly attributed to equipment maintenance. Literature abounds with research papers related to maintenance operations and optimization. Dekker (1996) presents a review on the applications of maintenance optimization models. Sarkar, et al (2011) presented a survey of maintenance policies for the past 50 years. The survey summarizes, classifies, and compares various existing maintenance policies based on about 170 research works. Each kind of policy has been identified with different characteristics, advantages, and disadvantages with several contributions. The paper investigates different policies which are appropriate to the organizations and for further study.

Vatn et. al (1996) presented an optimal maintenance schedule for the components of a production system based on multiple objectives, including cost, safety, and environmental factors. Krajewski and Sheu (1994) proposed a decision model for evaluation and comparisons of alternative corrective maintenance policies. The model includes simulation and economic analysis. While simulation is used to predict costs and performance of the corrective maintenance policy, economic analysis is used to determine the net present value and breakeven between alternative maintenance policies. A detailed case example is also presented. Löfst (1999) has also analyzed effects of different maintenance policies in industrial settings. The effects of corrective and preventive maintenance policies have been evaluated for different cases. Ben-Daya and Makhdoum (1998) analyzed various preventive maintenance policies with an integrated production and quality model. Savsar (2000) analyzed the effects of maintenance policies on the productivity of flexible manufacturing cells (FMC) by simulation modeling of the FMC. Komonen (2002) presented a cost model for maintenance operations in industry for profitability analysis and benchmarking. Waeyenbergh and Pintelon (2004) discussed the development of maintenance concept in industry based on a case study. Yang, et al. (2019) presented a two-phase preventive maintenance policy considering imperfect repair and postponed replacement with an objective of maximizing the revenue generated by the performance-based contracting (PBC). They apply the model to a case from a steel converter plant, and the results show that the proposed policy outperforms some existing maintenance policies in terms of net revenue.

Shalaby (2019) developed a model to integrate production planning, preventive maintenance, and process/product inspection decisions under reliability constraints. They have used genetic algorithms for the optimization purpose. Yang, et al. (2019) presented a two-phase preventive maintenance policy for the case of imperfect repair and postponed replacements. Gadallah and Almokadem (2019) developed a model for inspection decisions under equipment reliability constraints. Savsar (2005) analyzed performance of a flexible manufacturing system (FMS) operating under different failure rates and

evaluated effects of different maintenance policies. Savsar (2008) presented a model and a detailed procedure for the analysis and improvement of maintenance operations for an oil filling plant. Savsar (2011a and 2011b) analyzed maintenance operations with a specific case in a plant. Savsar (2012) also developed a model and a scheduling procedure for maintenance operations of fuel dispensers. Savsar (2013) presented a model and a procedure for the analysis and Scheduling of maintenance operations for a chain of gas stations. Several other research papers look into the effects of applying different types of predictive, proactive, preventive, opportunity and condition-based maintenances in order to reduce the effects of random failures, which result in unexpected corrective maintenances.

In this paper, maintenance operations of a canned food factory have been analyzed and several procedures are applied to improve system operations and increase productivity. The factory produces a variety of canned food, including beans, peas, mushrooms, olives, corn, and sausages. In addition, they have different production lines for bottled water, vinegar, and a variety of sauces, including tomato catchup, chili sauce, hot sauce and tomato paste. The canned food is produced in 220g, 400g and 450g cans. We have concentrated on the 400g canned food production line since bulk of the production, about 93%, is in this type. The factory has two lines (can making line and can filling line), both of which are continuous, and the machines are connected in series. Hence, failure of one machine causes the stoppage of the whole line, adversely affecting the production rate of the factory. Thus, it is important to analyze the maintenance system to improve production rate of the factory. The current maintenance schedule causes too much downtime and is not optimized.

The reliability of the can filling line is too low. The process can barely keep up with demand. The objective was to improve the system reliability, increase the daily production and reduce the maintenance cost. The maintenance policies that the factory currently applies were studied and reliability and availability of the system were calculated. The performance of the factory was improved by introducing new maintenance policies to reduce the failure rates of the equipment. The current system, as well as the proposed system were modeled by using Arena Simulation Software and the improvement in production rate due to proposed changes was analyzed in order to see if the proposed changes were justified.

New maintenance plans were proposed that increased machine reliability and availability while minimizing the maintenance cost. The factory consists of two lines: The can making line and the can filling line. In the following sections, we discuss the basic operations on these lines and the maintenance procedures for the current case and for the proposed maintenance policy cases.

## 2. Overview of the Production Line

As it was mentioned previously, canned food factory operates with two production lines. One of the production lines is dedicated to making cans. Figure 1 illustrates a typical can and its components. The processes of the **can making line** includes **slitting** (cutting tin sheets into blanks of desired dimensions), **welding** (welding two ends of the rectangular blank to form a cylindrical shape), lacquering applying a varnish coat to the inner face of the welded blanks), **curing** (curing and drying of

varnish while moving to the flanging machine), **flanging** (flanging both ends of the can for seaming), seaming (one end of the can is seamed by a seamer), **palletizing** (every 2940 cans are placed on a pallet and moved by a forklift to the empty can

storage area). In reliability and maintenance analysis, this line was considered as single process and failure/repair data was collected for the whole line accordingly.

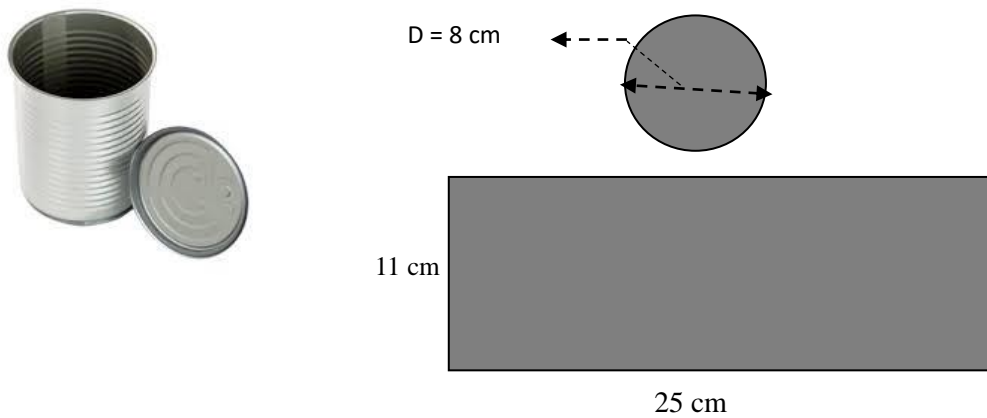


Figure 1. A typical can with its components for 400g canned food

The second line is the **can filling line**, which consists of several stages as illustrated in Figure 2. Description of each process is given in Table 1. The **process line** in the can filling line represents the main food preparation and filling section which includes soaking, washing, blanching, de-stoning, inspection, solid filling, and liquid filling. Failure data was collected for this line as a single process, like the can making section. The rest of the processes on can filling line are given in Figure 2 and described in Table 1.

entering the filling line. In the filling line, empty cans are sterilized by hot water and steam while preparing the beans. The liquid solution is prepared prior production hours. This is followed by **seaming** (seaming the other end of the can after it is filled and printing a date code on the lid). Rest of the processes can be seen in the table and the figure provided. To analyze maintenance operations, data related to equipment failures and repair were collected over a period of one year and fit to distributions using ARENA software, which has a data fitting capability.

The empty cans are moved by **palletizer and de-palletizer** for filling operation. Empty cans are de-palletized before

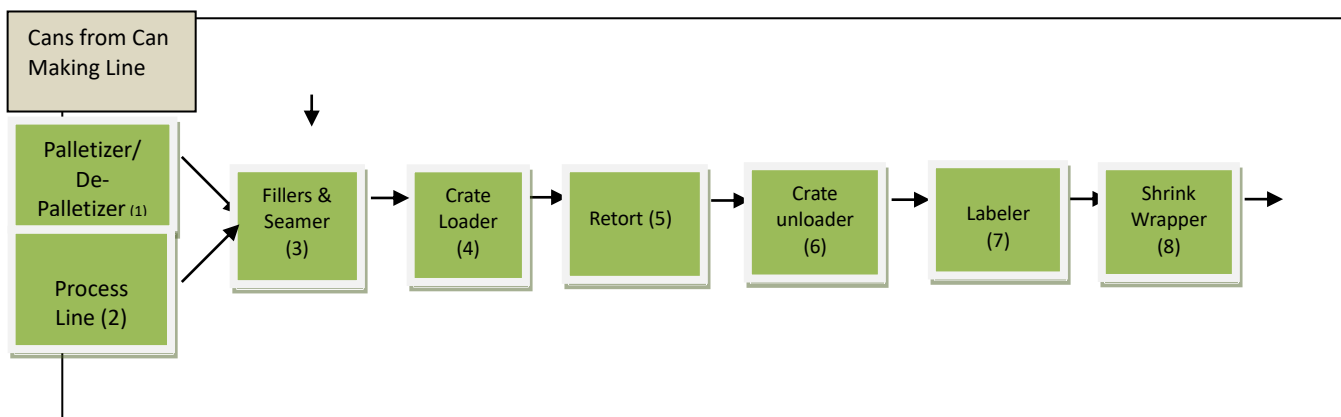


Figure 2: Schematic illustration of the structure of can filling line.

Table 1. Can filling line processes and process description

Process Name	Process Description
Soaking	The food is soaked for 8-14 hours in a hopper depending on the type of food (peas, kidney beans, mushroom, etc.). The factory has 5 hoppers, each with capacity of 3000 Kg (meat and corn do not go into process).
Reel washing	The food is cleaned by showering and the excess water is drained. The food is transported to the blancher by a bucket elevator.
Blanching	The food is blanched for 5 to 30 minutes to release gases and enzymes.
De-stoning	The food is moved to the de-stoner to remove stones.
Inspection belt	The food is sorted manually to remove any dark or broken pieces. The food is held in the filling hopper.
Solid filling	The empty cans are filled with solid food.
Liquid filling	A liquid solution is added to the can; it is vacuumed by shower filler machine under a temperature of 75 °C to 85 °C. This process makes the expiry date of the canned food longer and protects consumers.
Seaming	The other lid is seamed to the can using double seaming.
Coding	A code is printed on the lid of the can using the coding machine to show the production and expiration dates of the product.
Crate loading	700 cans are put on a crate, and 7 layers of crates are taken to sterilizing the stage by a trolley.
Sterilizing	The can in the crates is sterilized under a temperature of 121°C. This process takes between 10 and 70 minutes depending on the type of product and the type of liquid used. Then, it is cooled suddenly to kill the remaining bacteria. The cans are then dried.
Crate unload	The cans are unloaded from the crate to the labeler.
Labeling	The cans are labeled by the labeling machine.
Label inspect.	Labels are checked to determine if they are applied correctly.
Packaging	12 cans are kept in a tray. Two trays are wrapped together by the shrink wrapper. Every 20 cartons are put one a pallet by 2 workers and 1 forklift.
Storing	The final products are stored for four days before a sample is taken to carry out three types of tests (physical, chemical and biological), ensuring that the product meets standard and is ready for distribution.

### 3. Analysis of Maintenance Operations

To analyze and improve maintenance operations of the canned food factory, it was necessary to first analyze the current practice, which included both corrective and preventive maintenances at required and scheduled times. The maintenance process analysis and improvement steps are outlined below:

1. Equipment failure and repair data are collected as time between failures for each machine and the repair times.
2. Expected values are calculated for the time between failures and the repair times ( $M_{ct}$ ).
3. Mean time between failures (MTBF) are converted to failure rates ( $\lambda$ ).  $MTBF=1/\lambda$ .
4. Mean time between preventive maintenances (PM) and PM rates are determined ( $f_{pt}$ )

$$MTBM_c=1/(\lambda+ f_{pt})$$

9. Alternative maintenance policies are proposed, which reduce the need for CM.
10. Alternative policies are evaluated with respect to the total costs including the CM, the PM, and the production loss costs.
11. Production line reliabilities are determined based on parallel-series reliability calculations.
12. Equipment availabilities are estimated based on inherent, achieved, and operational availability measures to be discussed later.
13. Performance of maintenance policies are compared to the current practice with respect to costs, system reliability and equipment availabilities.

5. Cost related information are estimated to determine maintenance costs.
6. Total maintenance costs are calculated for each machine for both the corrective maintenance (CM) and the preventive maintenance (PM).
7. Production loss costs due to maintenance operations are estimated by estimating production rate per time unit and the revenue per product.
8. A model is used to determine the relation between CM and PM. This model helps to determine the effects of additional PM on the reducing CM. The following formula is used for this purpose, where  $\lambda$ =equipment failure rate;  $f_{pt}$  = Maintenance rate; and  $MTBM_c$  is the combined mean time between maintenances when both CM and PM are applied.

[1]

To analyze the production system, data related to equipment failures were collected over a period of two years and summarized in the form of failure distributions. Table 2 shows the time to failure distributions, mean time between failures (MTBF) and mean repair times for the production machines on the can filling line and the can making plant as a single process based on the failure data collected for a period. Mean Time Between Failures (MTBF) in Table 2 are calculated directly from the expected value of each distribution, which was exponential in all cases here estimated by the ARENA software (Kelton, et al. 2015).



Table 2. Mean time between failures (MTBF) of the machines and their repair times.

Machine	Time to Failure Distribution (Days)	MTBF (Days)	Failure Rate ( $\lambda$ )	Repair time (Minutes)- $M_{ct}$
Palletizer/De-Palletizer	EXPO (11.7)	11.7	0.085	30
Process Line	EXPO (7.87)	7.87	0.127	30
Fillers and Seamer	EXPO (5.5)	5.5	0.182	60
Crate Loader	EXPO (19.8)	19.80	0.051	5
Retort	EXPO (18.3)	18.3	0.055	30
Crate Unloader	EXPO (24.7)	24.7	0.04	5
Labeler	EXPO (7.05)	7.05	0.142	60
Shrink Wrapper	EXPO (14.5)	14.5	0.069	60
Can Plant	EXPO (4.66)	4.66	0.215	60

The factory applies two types of maintenances: Corrective Maintenance (CM) and Preventive Maintenance (PM). Corrective maintenances are unscheduled maintenance actions performed because of system failure to restore the system back to its initial condition. Failure rate is the inverse of MTBF given by  $\lambda = 1/MTBF$ . The failure rates are also given in Table 2. Average repair times are also given in the table in minutes. Most of the failures require relatively short repair times. Preventive maintenances are scheduled maintenance actions performed to retain a system in its specified condition. The canned food factory currently performs preventive maintenances once a month (every 26 days) during non-production hours and each maintenance takes 10 hours. Thus, the rate (or frequency) of preventive maintenance is given by  $f_{pt} = 1/26 = 0.0385$  preventive maintenances/day.

**Cost Calculations:**

CM is done by one mechanical technician, one electrician and one helper. PM is done by two mechanical technicians, two electricians and two helpers. PM is applied during non-production days, and it lasts for 10 hours. Mechanical technicians and electricians are paid 680 \$/month. Helpers are paid 200 \$/month. Time duration for the preventive maintenance is 26 days/month\*12 months/year\*10 hours/year=3120 hours/year. Production rate of the filling line = 140 cans/min. Production rate of can making line=160 cans/min. Revenue/can = 0.93182 \$/can. Thus, the CM and PM costs are calculated using the following formulas and the notations for each equipment.

Let:

- $N_f$ = Number of failures per year
- T= Operation time per year (this was 3120 hours)
- MTBF=Mean time between failures (MTBF=1/  $\lambda$ )
- $M_{ct}$ =Mean corrective time per failure
- $C_h$ = repair cost per hour
- $M_p$ =Number of preventive maintenances per year
- MTPM= Mean time between preventive maintenances.
- $f_{pt}$ = Meant preventive maintenance rate;  $f_{pt} = 1/MTPM$
- $M_{pt}$ = Mean preventive maintenance time per preventive maintenance action.
- Q= Production rate in number of units or cans/min.
- R= Revenue per unit or can

CM Cost/year= (Number of Failures/year)\*(Repair Time per Failure)\*(Cost per Time Unit).

CM Cost= $N_f * M_{ct} * C_h = (T/MTBF) * M_{ct} * C_h$  [2]

PM Cost= $N_p * M_{pt} * C_h = (T/MTPM) * M_{pt} * C_h$  [3]

Production Revenue Loss = $Q * M_{ct} * (T/MTBF) * R$  [4]

Since the preventive maintenances are done during nonproduction times, there is no production loss cost due to preventive maintenances. Based on the combined mean time between maintenances (MTBM<sub>c</sub>), including both CM and PM, as given by the equation [2] above, when the preventive maintenance rate ( $f_{pt}$ ) is increased, the corrective maintenance rate ( $\lambda$ ) must decrease. Effectively, increasing PM rates, the need for CM reduces proportionally assuming overall maintenance rate is kept constant. If the PM is performed monthly, in 26-days intervals, the failure rate would be the current  $\lambda_c$  as given in the

fourth column of Table 3. By keeping the overall MTBM<sub>c</sub> constant, two alternative improvements to the maintenance procedures are proposed. The first alternative policy is to have a PM every 13 days (twice a month) during non-production period, with a rate of  $f_{pt1} = 1/13$  and the resulting failure rate of  $\lambda_1$  given as **Policy 1** in the Table 3. If the PM could be made more frequently at 5-days intervals with a rate of  $f_{pt2} = 1/5$ , which was possible for the Fillers and Seamer Machine and the Can Plant, the resulting failure rate  $\lambda_2$  would be as in **Policy 2** in Table 3.

Table 3. Effects of preventive maintenance policies on equipment failures (three cases)

Machine	MTBM (Days)	Current Policy $f_{ptc}$	Current Policy $\lambda_c$	Policy-1 $f_{pt1}$	Policy-1 $\lambda_1$	Policy-2 $f_{pt2}$	Policy-2 $\lambda_2$
Palletizer/De-Palletizer	8.07	1/26	0.085	1/13	0.047	1/13	0.047
Process Line	6.04	1/26	0.127	1/13	0.089	1/13	0.089
Fillers and Seamer	4.54	1/26	0.182	1/13	0.143	1/5	0.020
Crate Loader	11.23	1/26	0.051	1/13	0.012	1/13	0.012
Retort	10.74	1/26	0.055	1/13	0.016	1/13	0.016
Crate Unloader	12.66	1/26	0.040	1/13	0.002	1/13	0.002
Labeler	5.54	1/26	0.142	1/13	0.103	1/13	0.103
Shrink Wrapper	9.30	1/26	0.069	1/13	0.031	1/13	0.031
Can Plant	3.95	1/26	0.215	1/13	0.176	1/5	0.053

Table 4 shows the costs associated with the current preventive maintenance policy and the resulting failure rates as well as the costs associated with production losses. The costs are calculated using the formulas given in maintenance procedures above in equations [2]-[4]. For example, the CM cost per year for the palletize/de-palletizer process would be calculated as:  $(3120/MTBF) * M_{ct} * Cost/hour = [3120(hours/year)/117(hours)] * (0.5hours) * (6 \$/hour) = 20 \$/year$ . It should be noted that for this process one mechanic, one electrician and one helper is used with a total cost of 1560 \$/month or  $1560/26 = 60 \$/day$  or  $C_h = 6 \$/hour$ , since the system was operated 10 hours per day.  $M_{ct}$  is

given in Table 2, and 3120 is the total operation hours per year. Similarly, all costs and revenues have been calculated and presented in the tables. The production loss cost was determined based on the time lost due to CM maintenance each year and the production rate of the line, which was 140 cans/min, and the revenue per can, which was 0.93182 \$/can. The total Cost is obtained from the totals in the last row of the table as: Total Cost = CM cost + PM cost + Production revenue loss = 1401.00 + 1441.44 + 1,827,671.52 = 1,830,513.96 \$/year. Majority of the cost is due to production revenue loss as a result of equipment failures.

Table 4. Costs due to PM, CM, and production losses (*Current Maintenance Policy*)

Machine	CM Cost (\$/year)	PM Cost (\$/year)	Production Loss Cost (\$/year)
Palletizer/De-Palletizer	80.00	288.28	104363.84
Process Line	118.93	288.28	155153.36
Fillers and Seamer	340.36	144.16	444020.70
Crate Loader	7.88	72.08	10278.78
Retort	51.15	144.16	66724.42
Crate Unloader	6.32	72.08	8239.25
Labeler	265.53	72.08	346399.13
Shrink Wrapper	129.11	72.08	168433.26
Can Plant	401.72	288.28	524058.77
Total	1401.00	1441.44	1827671.52

#### 4. Evaluation of Alternative Maintenance Policies

In order to reduce the operation costs due to maintenances, two new preventive maintenance (PM) policies were proposed. The first alternative PM Policy 1, which was the application of PM twice a month (every 13 days) with a preventive maintenance rate of  $f_{pt}=1/13=0.077$  maintenances per day on all machines and the second PM Policy was to apply the PM every week (every 5 working days) on selected machines. Table 5 shows the calculated cost values for alternative Policy 1, which resulted in a reduction in failure rate ( $\lambda$ ) for each machine as calculated by equation [1]. Total  $MTBM_c$  is kept constant and the new  $\lambda$  value was calculated for the new  $f_{pt}$  value. The total cost for Alternative PM Policy 1 was calculated as: Total Cost = CM cost + PM cost + Production revenue loss =  $993.44+2,879.88+1,29,5990.76 = 1,299,864.08 \$/year$ .

Alternative Policy 1 reduced costs by 29% from the current policy costs.

Table 6 shows the calculated cost values for alternative PM Policy 2, which was the application of PM weekly on Fillers and Seamers Machine and the Can Plant, which received PM every 5 working days with a PM rate of  $f_{pt}=1/5=0.20$  PM per day. All other machines received PM twice a month with an  $f_{pt}=1/13$  as it was done in Policy 1. This was expected to result in more reduction in failure rates for the two machines and thus the costs. The total cost for Alternative PM Policy 2 was calculated as: Total Cost = CM cost + PM cost + Production loss cost =  $532.63+ 3513.52+ 694,840.01 = 698,886.15 \$/year$ . The total cost was reduced from the present situation by 61.8% by this second PM Policy. While the PM costs were increased from 2879.88 to 3513.52, the production revenue loss was reduced 1,295,990.76 to 694,840.01, which was a huge reduction.

Table 5. Cost values for the equipment due to PM, CM, and production losses (Policy 1).

Machine	CM Cost (KD/year)	PM Cost (KD/year)	Production Loss Cost (KD/year)
Palletizer/De-Palletizer	44.04	575.96	57450.83
Process Line	82.97	575.96	108240.35
Fillers and Seamer	268.44	288.00	350194.69
Crate Loader	1.88	144.00	2459.94
Retort	15.19	288.00	19811.42
Crate Unloader	0.32	144.00	420.42
Labeler	193.61	144.00	252573.12
Shrink Wrapper	57.19	144.00	74607.25
Can Plant	329.80	575.96	430232.75
Total	993.44	2879.88	1295990.76

Table 6. Cost values for the equipment due to PM, CM, and production losses (Policy 2).

Machine	CM Cost (KD/year)	PM Cost (KD/year)	Production Loss Cost (KD/year)
Palletizer/De-Palletizer	44.04	575.96	57450.83
Process Line	82.97	575.96	108240.35
Fillers and Seamer	38.00	748.80	49619.31
Crate Loader	1.88	144.00	2459.94
Retort	15.19	288.00	19811.42
Crate Unloader	0.32	144.00	420.42
Labeler	193.61	144.00	252573.12
Shrink Wrapper	57.19	144.00	74607.25
Can Plant	99.39	748.80	129657.38
Total	532.63	3513.52	694840.01

Finally, a third PM policy was proposed, which was to apply PM just before a failure was expected to occur on a machine. This procedure is also referred to as **Reliability Centered Maintenance (RCM)**. In this case, a PM is applied according to the expected failure times of equipment based on MTBF. Table 7 shows the MTBF of the equipment and the suggested mean time between preventive maintenance (MTBPM), which is just before a failure occurs for each machine. This is rather a hypothetical situation since it is not known when the failure will occur. However, we plan to apply the PM before the expected time of the failure. If a failure occurs before the PM, a CM can be applied. Using the formula  $MTBM_c = 1/(\lambda + f_{pt})$

$= 1/((1/MTBF) + (1/MTBPM))$ , with the current  $MTBM_c$  and the new  $MTBPM$ , new  $MTBF$  values are obtained. Failure rate  $\lambda$ , which is the inverse of the new  $MTBF$  achieved as a result of new PM, are given for each equipment or the process in the last column of Table 7, i.e.,  $\lambda = 1/\text{New MTBF}$ . Finally, Table 8 shows the cost figures for PM, CM, and production revenue losses for this last PM Policy, which is based on RCM. The total cost for this Alternative PM Policy 3 was calculated as:  $\text{Total Cost} = \text{CM cost} + \text{PM cost} + \text{Production revenue loss} = 383.64 + 1440.00 + 500,491.48 = 502,315.12$  \$/year. The total cost was reduced by 72.56% from the original or the currently used PM Policy by using RCM policy.

Table 7. Parameters for Alternative PM Policy based on **Reliability Centered Maintenance**

Machine	MTBF	MTBPM	New MTBF	Failure Rate- $\lambda$ (Failures/day)
Palletizer/De-Palletizer	11.7	11.6	26.51	0.038
Process Line	7.87	7.77	27.15	0.037
Fillers and Seamer	5.5	5.4	28.49	0.035
Crate Loader	19.799	19.70	26.17	0.038
Retort	18.3	18.20	26.20	0.038
Crate Unloader	24.7	24.60	26.11	0.038
Labeler	7.05	6.90	28.27	0.035
Shrink Wrapper	14.499	14.40	26.33	0.038
Can Plant	4.66	4.56	29.62	0.034

Table 8. Cost values due to PM, CM, and production losses (*Policy 3-RCM*).

Machine	CM Cost (KD/year)	PM Cost (KD/year)	Production Loss Cost (KD/year)
Palletizer/De-Palletizer	35.32	288.00	46,064.04
Process Line	34.48	288.00	44,966.92
Fillers and Seamer	65.68	144.00	85,704.84
Crate Loader	5.96	72.00	7,775.12
Retort	35.72	144.00	46,597.12
Crate Unloader	5.96	72.00	7,793.80
Labeler	66.24	72.00	86,397.04
Shrink Wrapper	71.12	72.00	92,757.68
Can Plant	63.20	288.00	82,434.92
Total	383.64	1440.00	500,491.48

### 5. Reliability Analysis of the Lines

Reliability is the probability that the system will perform in a satisfactory manner for a given period of time, when used

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

[5]

where  $\lambda$  is the failure rate of the equipment given in Table 2 and  $t$  is the time period of operation during which equipment reliability is to be calculated. Based on the failure rates of the machines given previously in Table 2, reliability of each machine is calculated for a period of one day ( $t=1$ ). Related reliabilities are shown in Table 9. In order to see the effects of four maintenance policies on machine reliabilities, failure rates ( $\lambda_c, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ) under each maintenance policy are used to determine the machine reliabilities ( $R_{pc}, R_{p1}, R_{p2}, R_{p3}$ ) under the same four maintenance policies. The subscript  $c$  indicates the

under specified operating conditions. Reliability is calculated by the following equation for the exponential time to failures.

current maintenance policy. The results are shown in Table 10. Machine reliabilities have been increased for each alternative as a result of new alternative PM policies. As it is seen in Table 10, equipment reliabilities are significantly increased with the new maintenance policies. The reliabilities have increased to more than 96% for all equipment and process when RCM (PM Policy 3) is applied. These increases are directly reflected in an increase in line reliability and consequently in system productivity.

Table 9. Failure rates and reliabilities of machines over a period of one day-current plan.

Number (i)	Machine	Failure Rate $\lambda_i$ (Failure/day)	Reliability over one day (%) $R_i(t)$
1	Palletizer/De-Palletizer	0.085	91.81
2	Process Line	0.127	88.07
3	Fillers and Seamer	0.182	83.38
4	Crate Loader	0.051	95.07
5	Retort	0.055	94.68
6	Crate Unloader	0.040	96.03
7	Labeler	0.142	86.78
8	Shrink Wrapper	0.069	93.34
	Can Plant	0.215	80.69

Table 10. Failure rates and reliabilities of each machine for the Three Alternatives.

Machine	$\lambda_c$	$R_{pc}(t)$	$\lambda_1$	$R_{p1}(t)$	$\lambda_2$	$R_{p2}(t)$	$\lambda_3$	$R_{p3}(t)$
Palletizer/De-Palletizer	0.085	0,919	0.047	95.40	0.047	95.40	0.038	96.30
Process Line	0.127	0,881	0.089	91.52	0.089	91.52	0.037	96.38
Fillers and Seamer	0.182	0,834	0.143	86.64	0.020	97.99	0.035	96.55
Crate Loader	0.051	0,950	0.012	98.80	0.012	98.80	0.038	96.25
Retort	0.055	0,946	0.016	98.39	0.016	98.39	0.038	96.26
Crate Unloader	0.04	0,961	0.002	99.79	0.002	99.79	0.038	96.24
Labeler	0.142	0,868	0.103	90.17	0.103	90.17	0.035	96.52
Shrink Wrapper	0.069	0,933	0.031	96.99	0.031	96.99	0.038	96.27
Can Plant	0.215	0,807	0.176	83.85	0.053	94.83	0.034	96.68



**System Reliability for the Can Filling Line:**

Based on equipment reliabilities, reliability of each line is calculated depending on the structure of the line. In case of the can plant, which is considered as a single process in our study, system reliability is given in the last row of Table 9 as 80.69% for a single day under the current operational state. For the can filling line, system reliability is calculated based on the structure of line with equipment being in parallel and in series structure. Calculations are made for each maintenance policy. In the can filling line, the line structure is shown in Figure 2. Palletizer and

the Process Line operate in parallel, while rest of the machines operate in series with these two. Thus, using the parallel-series unit configurations for reliability calculation, reliability of the can filling line is obtained under the current operational state and under the three maintenance polices. Time duration is considered as  $t=1$  day. In the calculations below,  $R_i(t)$  represents the reliability for equipment  $i$  and  $\lambda_i$  represents the failure rate of equipment  $i$ . In order to simplify the formulation, the  $t$  value in the parenthesis is dropped since it is equal to 1 for all equipment.

For  $n$  parallel equipment or components, system reliability is given by:

$$R_s(t) = 1 - \{ [1 - R_1(t)][1 - R_2(t)] \dots [1 - R_n(t)] \} \tag{6}$$

For  $n$  series equipment or components, system reliability is given by:

$$R_s(t) = [R_1(t)][R_2(t)] \dots [R_n(t)] \tag{7}$$

**Current Operational State and Maintenance Plan**

From Table 9 and Figure 1, reliability of the can filling line is calculated as follows:

$$R_{sc}(t) = [1 - (1 - R_1)(1 - R_2)] (R_3) (R_4) (R_5) (R_6) (R_7) (R_8) \\ = [1 - (1 - 0.9181)(1 - 0.8807)](0.8338)(0.9507)(0.9468)(0.9603)(0.8678)(0.9334) = 0.5781 = 57.81\%$$

**Proposed Maintenance Plan-Alternative 1:**

From Table 11 and Figure 7, reliability of the filling line under PM policy 1 is as follows:

$$R_{s1}(t) = [1 - (1 - R_1)(1 - R_2)] (R_3) (R_4) (R_5) (R_6) (R_7) (R_8) \\ = [1 - (1 - 0.954)(1 - 0.9152)](0.8664)(0.9880)(0.9839)(0.9979)(0.9017)(0.9699) = 0.7322 = 73.22\%$$

**Proposed Maintenance Plan-Alternative 2:**

From Table 11 and Figure 7, reliability of the filling line under PM policy 2 is as follows:

$$R_{s2}(t) = [1 - (1 - R_1)(1 - R_2)] (R_3) (R_4) (R_5) (R_6) (R_7) (R_8) \\ = [1 - (1 - 0.954)(1 - 0.9152)](0.9799)(0.9880)(0.9839)(0.9979)(0.9017)(0.9699) = 0.8281 = 82.81\%$$

**Proposed Maintenance Plan-Alternative 3:**

From Table 11 and Figure 7, reliability of the filling line under PM policy 2 is as follows:

$$R_{s3}(t) = [1 - (1 - R_1) (1 - R_2)] (R_3) (R_4) (R_5) (R_6) (R_7) (R_8) \\ = [1 - (1 - 0.9630) (1 - 0.9638)](0.9655)(0.9625)(0.9626)(0.9624)(0.9652)(0.9627) = 0.7989 = 79.89\%$$

From these results, it is calculated that system reliability is increased by 26.65% under the PM Policy 1; by 43.24% under the PM Policy 2, and by 38.19% under the PM Policy 3. The increase in reliability is directly reflected in productivity increase. In this case Policy 2 was better than RCM Policy. The results are summarized in Table 11.

Table 11. Production line reliabilities under different maintenance policies

Maintenance Policy	Line Reliability
Current Policy-Apply PM Monthly	57.81%
Alternative Policy 1-Apply PM Bimonthly	73.22%
Alternative Policy 2-Apply PM weekly	82.81%
Alternative Policy 3-Apply RCM (Reliability Centered Maintenance)	79.89%

**6. Conclusions**

This paper has analyzed maintenance operations in a canned food factory. A procedure is outlined to determine the effects of different maintenance policies on the production line performance, which was measured by production costs and system reliability. Four different maintenance polices, including the current policy, have been evaluated and the results are compared. The factory practiced corrective maintenance and monthly preventive maintenances. Three new preventive maintenance policies were proposed, including reliability

centered maintenance (RCM). It was found that reliability centered maintenance significantly improved production line performance with respect to cost factors. However, applying weekly PM performed better than all other policies with respect to increasing system reliability. The procedure outlined and the basic models and calculations used in this paper could be followed by operation managers and maintenance engineers to improve performance of their production systems with respect to maintenance operations.

## References

- Ben-Daya, M. and Makhdoum, M. (1998) "Integrated Production and Quality Model under Various Preventive Maintenance Policies," *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 49, No. 8, pp. 840-853.
- Dekker, R. (1996) "Applications of maintenance optimization models: a review and analysis," *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 51, Issue 3, March 1996, Pages 229-240.
- Gadallah, M. H. and Almokadem, A. (2019) "Inspection Decisions Under Reliability Constraints", *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 14, No. 6, 3551–3568.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., Zupick, N. B. (2015) *Simulation with Arena*, 6<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill, NY., USA.
- Komonen, K. (2002) "A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking," *International Journal of Production Economics*, vol. 79, no. 1, pp. 15–31.
- Krajewski, L. J. and Sheu, C. (1994) "Decision model for corrective maintenance management," *International Journal of Production Research* 32(6):1365-1382.
- Löfsten, H. (1999), "Management of industrial maintenance – economic evaluation of maintenance policies", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 7, pp. 716-737.
- Mobley, R. K., *An Introduction to Predictive Maintenance*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA, 1990.
- Sarkar, A., Panja, S. C., Sarkar, B. (2011) "Survey of maintenance policies for the Last 50 Years," *International Journal of Software Engineering & Applications* 2(3):130-148.
- Savsar, M. (2000) "Effects of maintenance policies on the productivity of flexible manufacturing cells," *Omega* 34 (2006) 274 – 282.
- Savsar, M. (2005) "Performance analysis of an FMS operating under different failure rates and maintenance policies," *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, vol. 16, no. 3, pp. 229–249.
- Savsar, M. (2011a), "Analysis and Modeling of Maintenance Operations in a Plant: A Case Study", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 22, No. 5, pp. 679-697.
- Savsar, M. (2011b), "Analysis and modeling of maintenance operations in the context of an oil filling plant", *Journal of Manufacturing Technology*, Vol. 22 No. 5, pp. 679-697.
- Savsar, M. (2012) "Modeling and Scheduling of Maintenance Operations for Fuel Dispensers," 8<sup>th</sup> International Conference on Intelligent & Manufacturing Systems, September 27-28, Antalya, Turkey.
- Savsar, M. (2013) "Analysis and Scheduling of Maintenance Operations for a Chain of Gas Stations", *Journal of Industrial Engineering*, Volume 2013.
- Shalaby, M. F. Y., Gadallah, M. H. and Almokadem, A. (2019) "Optimization of Production, Maintenance and Inspection Decisions Under Reliability Constraints", *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 14, No. 6, pp. 3551-3568.
- Vatn, J., Hokstad, P., and Bodsberg, L. (1996) "An overall model for maintenance optimization," *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 51, Issue 3, March 1996, Pages 241-257.
- Waeyenbergh, G. and Pintelon, L. (2004) "Maintenance concept development: a case study," *International Journal of Production Economics*, vol. 89, no. 3, pp. 395–405.
- Yang, Li & Ye, Zhi-sheng & Lee, Chi-Guhn & Yang, Su-fen & Peng, Rui, 2019. "A two-phase preventive maintenance policy considering imperfect repair and postponed replacement," *European Journal of Operational Research*, Elsevier, vol. 274(3), pages 966-977.



# Veri Madenciliği ve Makine Öğrenimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması: Tekstil Sektöründe bir Uygulama

Filiz Ersöz<sup>1</sup>, Yasemin Çınar<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4964-8487), fersoz@karabuk.edu.tr

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, (ORCID: 0000-0000-0000-0000), cinarryasemen@gmail.com

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035124)

**ATIF/REFERENCE:** Ersöz, F. & Çınar, Y. (2021). Veri Madenciliği ve Makine Öğrenimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması: Tekstil Sektöründe bir Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 397-414.

## Öz

Her gün gelişmekte ve büyümekte olan teknoloji, modern dünyanın vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Teknolojinin hızla gelişmesiyle bilgisayar kullanımı artan dünyamızda daha fazla veri depolanmaya başlanmıştır. Oluşan bu büyük veriler tek başlarına bir anlam ifade etmemektedir. Ancak veri ve analitik alanda yetkinliklerin artırılması ile belirli örüntülere dayalı çıkarımlardan anlamlılık boyutu kazanırlar. Örüntülerin belirlenebilmesini sağlayan, yapılacak araştırmaya ve veri tipine uygun veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri bulunmaktadır. Bu teknikleri ile veriler arasındaki kural, kalıp ve ilişkiler bulunur. Veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri birçok farklı sektörde farklı amaçlarla kullanılabilir. Bu çalışmada veri madenciliği ve makine öğrenimi arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya konmaya çalışılmış ve bu disiplinlerin; veri bilimi, istatistik ve diğer disiplinler ile ortak ve ayrıştığı noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışmada pantolon üreten bir tekstil firmasının verileri kullanılarak, R Studio, Python ve Knime makine öğrenimi programları yardımıyla, çoklu doğrusal regresyon, yapay sinir ağları ve karar ağaçları teknikleri uygulanmış, tahmini model sonuçları bulunmuş ve model performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda tahminleme başarısında en iyi algoritmanın yapay sinir ağları ve en iyi makine öğrenimi programının RStudio programı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil Sektörü, Makine Öğrenimi, Çoklu Doğrusal Regresyon, Yapay Sinir Ağları, Karar Ağaçları, Python, RStudio, Knime

## Comparison of Data Mining and Machine Learning Approaches: An Application in Textile Industry

### Abstract

Technology, which is developing and growing every day, has become an indispensable whole of the modern world. With the rapid development of technology, more data has begun to be stored in our world, where the use of computers is increasing. These big data do not mean anything on their own. However, they gain a meaningful dimension from inferences based on certain patterns by increasing their competencies in data and analytics. There are data mining and machine learning techniques suitable for the research and data type to be made, enabling the determination of patterns. With these techniques, there are rules, namely algorithms, between the data. Data mining and machine learning techniques can be used for different purposes in many different sectors. In this study, the similarities and differences between data mining and machine learning have been tried to be revealed and these disciplines; It has been tried to determine the common and divergent points with data science, statistics and other disciplines. In addition, using the data of a textile company producing trousers, multiple linear regression, artificial neural networks and decision trees techniques were applied with the help of R Studio, Python and Knime machine learning programs, and estimated model results were found and model performances were compared. As a result of the study, it was concluded that the best algorithm in predicting success is artificial neural networks and the best machine learning program is RStudio.

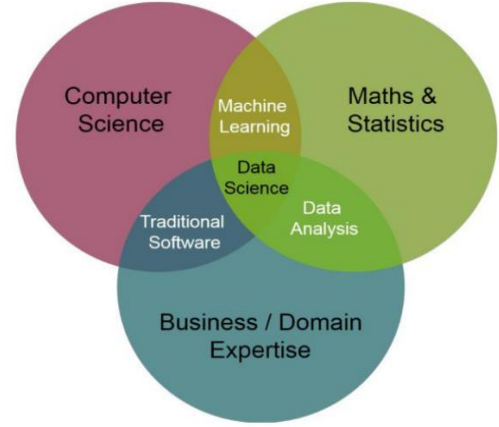
**Keywords:** Textile Sector, Machine learning, Multiple Linear Regression, Neural Networks, Decision Trees, Python, RStudio, Knime

## 1. Giriş

Teknoloji, son yıllarda modern dünyanın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Teknolojinin hızlı gelişmesiyle veri toplanması ve verilerin depolanması daha kolay bir hal almıştır. Teknoloji ve bilgisayar sistemlerinin kullanımının bu derece hızlı artmasıyla Dünya’da daha fazla veri depolanmaya başlamıştır. IDC (International Data Corporation), Dünya çapında verilerin yılda % 61’lik orana sahip büyüme hızıyla artabileceğini ve bu yıl 33 ZetaByte’ tan 2025 yılına kadar 175 ZetaByte’ a çıkacağını öngörmüştür. Günümüzde, 5 milyardan fazla kullanıcı her gün verilerle etkileşim halindedir, 2025 yılına kadar bu rakam 6 milyara veya dünya nüfusunun % 75’ine ulaşacağı ve ağa bağlı durumda olan her insanın 18 saniyede bir en az bir adet etkileşime sahip olacağı öngörülmektedir (Seagate Technology, 2020).

Günümüzde kurumlar, düşük maliyetler ile bilişim ve veri depolama sistemlerine sahip olabilmektedirler. Bu sayede bilgiye kolay erişebilmekte ve internet ağları üzerinden kolay bir şekilde yayabilmektedirler. Büyük miktarda veriyle çalışan çoğu sektör, makine öğrenimi teknolojisini ve veri madenciliğinin değerini kabul etmiştir. Sahip olunan verilerden anlamlı ve değerli ilişkileri ortaya çıkarabilmek ve bazende gerçek zamanlı olarak tahminler yaparak, sektörde daha verimli çalışabilir veya rakiplerine göre avantajlar elde edilebilmektedir. Ayrıca kurumların sahip olduğu büyük veri ve farklı veri çeşitleri, daha ucuz ve daha güçlü olan hesaplamalı işleme sahip veri depolama isteği de makine öğrenimini popüler kılmıştır.

Üretim ve hizmet yönetim işletmelerinde oluşan bu büyük veriler tek başlarına bir anlam ifade etmemektedir. Ancak veriler işlendiği zaman, belirli örüntülere dayalı çıkarımlardan anlamlılık boyutu kazanırlar. Veriye dayalı yöntemlerle (Veri madenciliği, büyük veri ve analitikleri, iş analitikleri vb.) ilgili süreç modelleri bu isimlerle tanımlanmasa da on yıllardır kullanılmaktadır (Mariscal ve diğerleri, 2010 ; Martinez-Plumed ve diğerleri, 2020 ). Günümüzde bu kavramlar artık daha net anlaşılmaktadır ve çoğunlukla veri bilimi adı altında tanımlanmaktadır. Veri bilimi; istatistik, bilimsel yöntemler, yapay zekâ (AI) ve veri analizi gibi birden çok disiplini birleştirmektedir ve veri bilimini uygulayanlara ise veri bilimcisi denmektedir. Veri bilimi ve ilişkili olduğu disiplinler Şekil 1.1’de verilmiştir. Veri bilimi; makine öğrenimi süreçleri, karmaşık araçlar ve algoritmalar, matematik, istatistik ve diğer benzer alanları kullanarak ham verilerden anlamlı ilişkiler çıkarılmasıyla müşteri davranışları ve eğilimleri vb. ile ilgilenen bir disiplin olarak da tanımlanabilir. Günümüzde bir veri bilimcisi; veri madenciliği, veri analizi, bilgisayar programlama, istatistik, makine öğrenimi, veri görselleştirme ve büyük veri analitiği gibi uzmanlık alanlarına sahip olmalıdır (Kdnuggets, 2020).



Şekil 1.1 Veri bilimi ve ilişkili disiplinler

Büyük veriler arasında ilişkilerin ve örüntülerin belirlenebilmesini sağlayan ve yapılacak araştırmaya, veri tipine uygun veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri bulunmaktadır. Veri madenciliği veri tabanlarında bilgi keşfi olup (Fayyad, Piatetsky-Shapiro and Smyth 1996), büyük veri yığınlarından anlamlı ilişkileri ve kuralları ortaya çıkaran bir disiplindir ve makine öğrenimi tarafından geliştirilen algoritmalarından yararlanır (Fayyad, Piatetsky-Shapiro and Smyth 1996; Ersöz, 2019; Kulin vd., 2021).

Tahmine dayalı analitik yaklaşımlar, bilinmeyen olaylar hakkında ve geleceğe yönelik tahmin yapmak için veri madenciliği, modelleme ve makine öğreniminde çeşitli istatistiksel teknikler gerekir (Eckerson, 2007; Neye, 2007). Verilerden öngörülmesi ve tahmini bilgiler elde etmek için algoritmalar (kurallar) geliştirmede çoğunlukla; istatistik, matematik ve bilgisayar teknolojileri kullanılmaktadır. İstatistik bilimi, tüm veri madenciliği ve makine öğrenimi algoritmalarının temeli olarak tanımlanabilir. Veri madenciliği ve istatistik biliminin temel amacı veri analizi yapmaktır, ancak bu iki disiplin farklılıklar içermektedir. Veri madenciliği sayısal ve sayısal olmayan büyük verilerden yararlanarak tahmini bir model oluşturmayı ve optimize etmeyi amaçlarken keşfedici bir süreç izler, hipotezlere gerek duymaz ve veri madenciliği için büyük veri gereklidir. Ancak istatistik bilimi büyük sayısal veri dışında genellikle küçük sayısal verilerden de çıkarımlar yaparak, doğrulayıcı bir süreç izler ve hipotezlere ihtiyaç duyar (Ersöz, 2019). İstatistik ve veri madenciliği biliminde ilgilenilen özellikler olarak tanımlanan değişken kavramında, hedef veya sonuç değişkeni “bağımlı değişken” olarak tanımlanırken, makine öğreniminde değişken “özellik” ve hedef veya sonuç değişkeni “etiket” olarak tanımlanır. Bununla birlikte istatistik ve veri madenciliği biliminde verilere yönelik “dönüşüm”, makine öğreniminde “özellik oluşturma” olarak adlandırılır (SAS, 2021). Kısaca istatistik bilimi rakamları okur ve olasılıklı modellerle, özellikle verileri kullanan bu modellere ilişkin tanımlama ve çıkarımlar ilgilidir. Veri madenciliği ise bu veriler arasındaki ilişkileri ve kalıpları açıklar. Makine öğrenimi ise modellerle tahminde bulunur ve çoğunlukla makine öğrenimi yöntemi resmi bir olasılık modeli olarak formüle edilebilir. Bu nedenle makine öğrenimi bu anlamda istatistik ve veri madenciliği ile çok benzerdir ve yapay zekâ ile davranış ve nedenleri ortaya koyar.

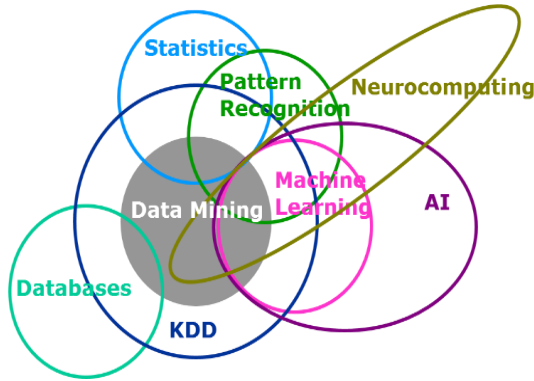
Makine öğrenimi ve yapay zekâ kavramı birbirlerinin yerine kullanıldığı görülmesine rağmen, bu disiplinlerde farklı anlamlar taşımaktadır. Makine öğrenimi uygulamalarının tümü yapay



zekâyı kapsarken, yapay zekâ uygulamalarının tümü makine öğrenimi değildir.

Makine öğrenimi, istatistik, veri madenciliği ve analitik tahminler iç içe kavramlardır. Makine öğrenimi kavramı bazı çalışmalarda istatistiksel makine öğrenimi olarak adlandırılmaktadır (Patel ve ark., 2008; Sotirios, 2018; Tanzeel ve ark. 2019) ve modern yazılımın geliştirilmesinde bir araçtır. Bununla birlikte makine öğrenimi programlanmamış sonuçları bile ortaya çıkarabilen bir tür yapay zekâ ve insan müdahalesi olmadan sonuçları tahmin etmede daha doğru olmasını sağlayan bir yapay zekâ türü olarak da tanımlanabilir.

Veri madenciliği ve makine öğreniminin, veri tabanlarında bilgi keşfi (Knowledge Discovery in Databases-KDD) olarak ortak bir noktası vardır. KDD terimi, 1989'daki ilk Piatetsky-Shapiro tarafından ortaya çıkarılmış ve yapay zekâ ve makine öğrenimi ile popüler hale gelmiştir (Fayyad, Piatetsky-Shapiro and Smyth 1996). Ayrıca makine öğrenimi var olan verilerden yapay zekâ içeren bilgisayar veya cihazlara ilişkin çıkarımlar yapmaktadır. Veri madenciliği Şekil 1.2'de görüldüğü gibi istatistik, örüntü tanıma, veri tabanlarında bilgi keşfi (KDD), nöral hesaplama (nörobilgisayar), yapay zekâ, veri tabanı ve makine öğrenimi ile ilişki içindedir. Ancak makine öğrenimi; veri madenciliği, yapay zekâ, nörobilgisayar ve örüntü tanıma gibi disiplinlerin birleşimidir (Mitchell Guthrie, 2014).



Şekil 1.2 Makine öğrenimi ve ilişkili disiplinler

Genel olarak her büyüklükteki işletmede makine öğrenimi tekniklerinin kullanımı; işletmenin maliyetlerinin düşürülmesi, müşteri içgörülere ve istihbaratının oluşturulması ve müşteri deneyimini iyileştirmesine yöneliktir (Algorithmia, 2020). Makine öğrenimi, yapay zekâ ve veri bilimi teknolojileri; sağlık, işletme, endüstri, güvenlik gibi birçok çalışma alanı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve amacı; hesaplamalı ve istatistiksel yöntemler kullanarak çeşitli veri türlerinden otomatik olarak bilgi çıkarmaktır. Örneğin günlük yaşamda herhangi bir websitesinin bilgisayarınıza gelen çevrimiçi öneri teklifleri, müşteri ilişkileri yönetimi, dolandırıcılık tespiti, uber gibi ulaşım şirketleri tahmini varış süresini hesaplamak için veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri kullanılmaktadır. Devlette özellikle sensör verilerinin analiz edilmesi, müşteri tahmin analizleri ve risk belirlemede finansal hizmetler, giyilebilir cihazlar ve sensörler ile bir hastanın gerçek zamanlı hastalığını belirlenmesi, müşteri satın alma geçmişine bakarak müşterinin beğeneceği ürünlerin önerilmesi, yeni enerji kaynaklarının bulunması, rafineri sensör arızasının tespit edilmesi ve verimli ve uygun maliyetli petrol dağıtımı, verimli ve kârlı toplu taşıma rotalarının tespiti uygulamaları vb. makine öğrenimine örnek verilebilir (SAS, 2021).

## 2. Makine Öğrenimi ve Diğer Disiplinler ile Gelişimi

Makine öğrenmesi (ML), insanların öğrenme şekillerini taklit etmek için veri ve algoritmaların kullanımını sağlayan ve doğruluğunu kademeli olarak artıran bir yapay zekâ (AI) ve bilgisayar bilimi dalıdır (IBM SPSS, 2021). Günümüzde yapay zekânın iş üretkenliğini % 40'a kadar arttırabildiği (Accentura, 2021) ve yapay zekâ girişimlerinin ise son yirmi yılda 14 kat büyüdüğü tahmin edilmektedir (Forbes, 2018). Günümüzde yapay zekâ ve makine öğrenimi, işletmeler tarafından benimsenmiş ve büyük gelişmeler kaydetmiştir. Bununla birlikte yazılım geliştiricileri tarafından yazılım araçlarının sayısı da paralel bir şekilde artmıştır.

Makine öğrenimi yöntemleri birçok farklı sektörde farklı amaçlarla kullanılabilir. Tüm sektörlerde makine öğrenimi algoritmaları, üretimden müşteri memnuniyetine kadar hemen hemen her süreçte kullanılabilir. Örneğin, üretimdeki hataların nedenleri, günlük üretilen ürünün en çok hangi parametrelere bağlı olduğu, müşteriler için önemli olan kriterler ve istekler gibi birçok problem, şirketlerin sağladıkları veriler kullanılarak işlenip, makine öğrenimi algoritmalarıyla çözülebilir. Öğrenme kelimesi, bilgi edinme süreci olarak tanımlanabilir. İnsanlar doğası gereği öğrenme sürecine doğdukları andan itibaren başlarlar. Bilgisayarlar tıpkı insanlar gibi öğrenir ve bunu algoritmalar aracılığıyla yaparlar (Portugal vd., 2018).

Makine öğrenimi, bilgisayar dili olmadan verilerden öğrenen bir yapay zekâ biçimi olarak tanımlandığı kadar (Malaca vd., 2019), büyük ve karmaşık verileri doğru tahmin edebilme yeteneğine sahip bir algoritma olarak da tanımlandığı çalışmalar vardır. Makine öğrenimi, sıradan görevlerin otomatikleştirilmesi ve akıllı tahminler sunmaya kadar her sektörde kullanılmaktadır. Ancak bunları yaparken bir cihaz gereklidir. Akıllı ev asistanları da bir makine öğrenimi olarak tanımlandığı gibi, makine öğreniminin temel olarak en önemli görevi; tüm sektörlerde üretim ve yönetimin sahip olduğu verilerin çoğunlukla istatistik ve veri madenciliği teknikleri kullanarak anlamlı ve değerli bilgilerin keşfedilmesini sağlamaktır. Tahmin analizleri, örüntü işleme, konuşma tanıma ve konuşulan kelimelerin metne çevrilmesi, tıbbi teşhisler ve özellikle finans ve ticaret sektörlerinde oldukça yaygın kullanıma sahiptir. Sosyal platformlarda ise facebook, makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak davranışsal bilgileri toplayan en iyi platformdur.

Makine öğrenimini ve veri madenciliği tekniklerinin tarihçesine baktığımızda kökeninin, istatistik ve matematik bilimine dayandığı görülmektedir. Olasılık ve istatistik biliminin kökenleri 1650-1700 yıllarda şans oyunlarının matematiksel olarak ele alınmasında ve ölüm verilerinin sistematik olarak incelenmesi ile başlamıştır. 1700'lü yıllarda Bayes teoremi ortaya çıkmış, olasılık ve istatistiğin en önemli konularından regresyon yöntemi Legendre tarafından 1805'te (Legendre, 1805) ve 1809'da Gauss tarafından (Angrist&Pischke, 2008) yayınlanan en küçük kareler yöntemi ile başlamıştır. İkinci Dünya Savaşı ilk modern bilgisayarlar olan "Z3", John Von Neumann tarafından geliştirilen ve Turing tarafından kurulan "ENIAC" ve "Colossus" gibi devasa kod kırma makineleri kullanılmıştır. 1940 ve 1950'li yıllarda bilim adamları yapay bir beyin yaratma olasılığını tartışmaya başlamış ve 1956 yılında yapay zekâ araştırmaları olarak bir disiplin olarak doğmuştur (McCorduck, 2004).

1952 yılında Arthur Samuel tarafından da "Makine öğrenimi" terimi ortaya atılmıştır. IBM'den Arthur Samuel 1950'lerde dama oynamak için bir bilgisayar programı tasarlamıştır. Tasarım, dama tahtasındaki parçaların pozisyonlarını kullanan bir puanlama işlevi içermekte ve her iki tarafın kazanma şansını ölçmeye çalışmıştır. Program bir sonraki hamlesini bir minimaks stratejisi kullanmayı seçmiş ve bu strateji sonunda minimaks algoritması ortaya çıkmıştır. Ayrıca programının daha iyi olmasını sağlayan bir dizi mekanizma tasarlamıştır. Arthur Samuel "Ezberci öğrenme" adını verdiği bu programda daha önce oyunda görülen tüm pozisyonları kaydetmiş ve hatırlatmıştır. Uzman dama oyuncusu Robert Nealey ise 1962 yılında bu dama oyununu IBM 7094 bilgisayarında oynamış ve bilgisayara karşı kaybetmiştir (Dataversity, 2021).

1957 yılında Cornell Havacılık Laboratuvarı'nda çalışan Frank Rosenblatt, Donald Hebb'in beyin hücreleri etkileşimi modelini, Arthur Samuel'in makine öğrenimi programı ile birleştirmiş ve algılayıcıyı (Perceptron) yaratmıştır. Algılayıcı başlangıçta bir program değil, görüntü tanıma için bir makine olarak (IBM 704) kurulmuştur. Daha sonra bu yazılım ve algoritmalar diğer makinelere aktarılabilir ve kullanılabilir hale getirilmiştir. Algılayıcılar önemli bir keşif olsa da sinir ağı/makine öğrenimi araştırması, 1990 yıllardan sonra görsel deseni (yüzleri) tanımada başarılı olmuştur.

1960'larda, çok katmanlı yapıların keşfi ve kullanımı, sinir ağı araştırmalarında yeni bir çığır açmıştır. 1967'de, temel örüntü tanımanın temeli olan en yakın komşu algoritması tasarlanarak, araç rotaları haritalamak için kullanılmış ve seyahat eden satış elemanının en verimli rotayı bulma sorununa çözüm bulmuştur. Çoklu katmanların kullanılması ileri beslemeli sinir ağlarını ortaya çıkarmıştır. 1970'lerde geliştirilen ileri ve geri beslemeli sinir ağları, günümüzde derin öğrenme olarak tanımlanan verileri eğitmek için kullanılmaktadır.

1965 yılında Lawrence J. Fogel tarafından evrimsel programlama uygulamaları ve gerçek dünya problemlerini çözmek için özel olarak evrimsel hesaplamayı uygulayan ilk veri bilimi (Decision Science) şirketi olmuştur (KDnuggets, 2021).

1970 yılı öncesinde makine öğrenimi, yapay zekâ için bir eğitim programı olarak kullanılırken, 1970-1980 yılları arasında

Makine öğrenmesi yapmak için kullanılması gereken programlar ve araçlar vardır. Bu araçlar sayesinde makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak verileri analiz edilebilmekte ve tahmini sonuçlar elde edilebilmektedir. Makine öğrenimi yapılırken programa veri setini öğretmek için kullanılacak olan büyük veri, eğitim verisi ve test verisi olarak iki parçaya bölünür. Eğitim verisi modelin eğitildiği veri setidir. Test verisi ise eğitim veri setinde oluşturulan modeli incelemektedir (Ryu vd., 2018).

Makine öğrenimine Dünyada yaşayan her insanın katkısı vardır (Gürsakar, 2018). İnternet dünyasında yapılan her hareket birer birer kayıt altına alınmaktadır. ML algoritmalarının görevi yüzlerce insanın oluşturduğu büyük veriyi ayrıştırıp, temizleyerek uygun bir model ile anlamlandırmaktır. Günümüzde makine öğrenmesi için çok fazla araç olduğundan dolayı, en yaygın olarak kullanılan ve bilinen araçlar bu bölümde verilmiştir.

Python: Python yorumlanmış, genel amaçlı, üst düzey bir programdır. Python programının tasarımının temel felsefesi, girinti kullanımı ile kod okunabilirliğidir. Python, dil yapısı ve nesne yönelimli yaklaşımı ile programcıların küçük ve büyük ölçekli projeler için mantıklı, anlaşılır kod yazmasını

yapay zekâ araştırmaları algoritmaların dışında mantıksal bilgiye dayalı yaklaşımları kullanınca, makine öğrenimi ve yapay zekâ kavramları ayrılmıştır. 1990'ların başında veri madenciliği Veritabanlarında Bilgi Keşfi (KDD- Knowledge Discovery in Databases) olarak tanımlanmış ve günümüzde "Veri Biliminde Bilgi Keşfi" olarak tanımlanan ve KDD'nin bir alt süreci olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte Fayyad ve arkadaşları tarafından önemsiz ve potansiyel verilerden, yararlı ve anlaşılabilir kalıpların çıkarılması olarak da veri madenciliği ve süreci tanımlanmıştır (Fayyad, Piatetsky-Shapiro and Smyth 1996). İlk veri madenciliği teriminin Lovell'in çalışmasında kullanıldığı görülmüştür (Lovell, 1983). Bir kodlama süreci olarak başlayan veri madenciliği, günümüzde kodlama becerisine sahip ve verileri temizleme, analiz etme ve değerlendirme konusunda "veri madencisi" olarak tanımlanan uzmanları ortaya çıkarmıştır.

1990'lı yıllarda olasılık ve istatistiksel yöntemlere odaklanınca, makine öğrenimi sinir ağlarına odaklanmaya ve ilişkileri anlamlandırmaya başlamıştır. Bununla birlikte dijital verilerin sürekli artması ve endüstri problemlerini pratik sorunları çözmeye becerisi de artmıştır. İnternetin gelişmesi ile bilgileri paylaşma yeteneği de artınca bu gelişme oldukça hızlı olmuştur. Yeni teknolojilerle birleştirilmiş makine öğrenimi algoritmaları, ölçeklenebilirliği desteklediği ve verimliliği artırdığı ve iş analitiği ile birlikte çalıştığında çeşitli kurumsal karmaşıklıkları çözebildiği görülmüştür. Makine öğrenimi modelleri, sürekli öğrenmeye uyarlanabilir hale gelmiş ve çalıştıkları süre boyunca doğruluk oranları artmaya devam etmiştir.

Bilgisayarların ortaya çıkışı ile veri madenciliği disiplini yoğun bir manuel kodlama süreci olarak başlamış, günlük olarak üretilen veri miktarının artması ve bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile bugün veri madenciliği ve makine öğrenimi araçları kullanılmaya başlamıştır. 2021 yılı en iyi veri madenciliği araçlarının; MonkeyLearn, RapidMiner, Oracle Data mining, IBM SPSS Modeler, Weka, Knime, H2O ve Orange yazılım programları olduğu görülürken (MonkeyLearn, 2021), 2021 yılı uzman görüşlerine göre en popüler makine öğrenimi araçlarının ise; Keras, Knime, Weka, Shogun ve Rapid Miner yazılım programları olduğu görülmüştür.

## 2.1. Makine Öğrenimi Araçları

kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Python programının; öğrenme kolaylığı, daha hızlı geliştirme ve işleme, güçlü paketler, topluluk desteği (herhangi bir sorun yaşadığımızda çözüm bulabileceğiniz bir alan) ve veri görselleştirme gibi birçok avantajı vardır (May, 2019).

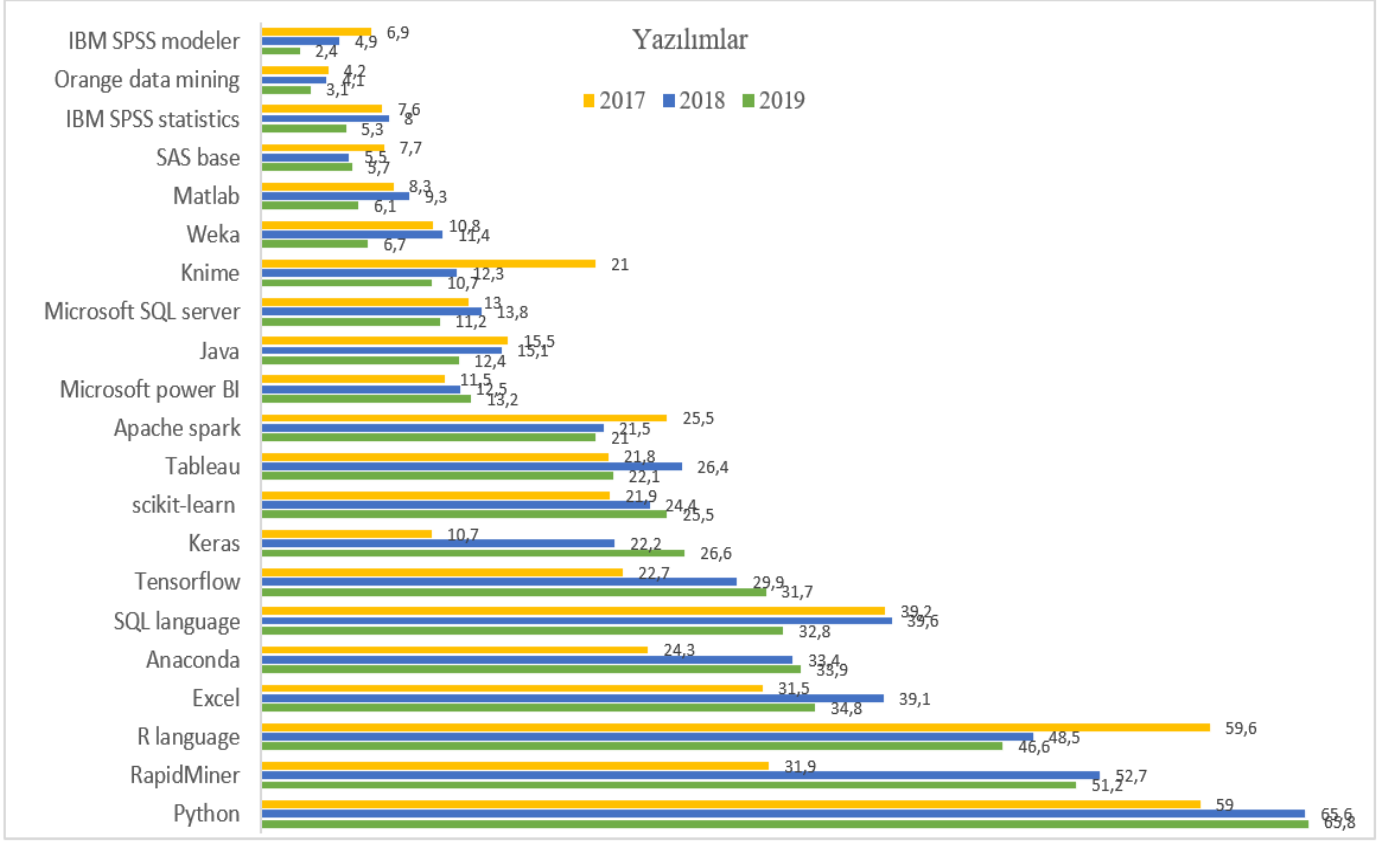
R: R programlama dili istatistiksel hesaplamaları ve grafikleri destekleyen ücretsiz bir programlama dilidir. R programı istatistik ve veri madenciliği üzerinde çalışan kişiler arasında istatistiksel yazılım, veri analizini geliştirmek için kullanılır. İçinde bulunan paketler ile R, kullanılan istatistiksel prosedürlerin IBM SPSS gibi programlara göre daha derin bir şekilde anlaşılmasını teşvik etmektedir (Fox & Andersen, 2005). TIOBE (Programlama topluluğu endeksi, programlama dillerinin popülerliğinin bir göstergesidir) tarafından açıklanan popülerlik göstergesinde Mart 2020'de on birinci sırada yer alan R programı, Mart 2021 'de on üçüncü sırada yer almıştır (TIOBE, 2021).

Knime: Knime programı herhangi bir kod yazılımı olmadan kullanılabilen açık kaynak, çapraz platform veri analizi, raporlama ve entegrasyon sağlayan bir araçtır. Görselleştirme, modelleme ve veri analizi için temel veri ön işleme

fonksiyonlarını kullanıcılar kolay bir şekilde kullanabilmektir. Program kullanıcıların görsel olarak veri hatlarını oluşturmalarına olanak sağlar, uygulanmak istenen tüm analizlerin adımlarından sonra modelleri, sonuçları ve etkileşimli görünümünün incelenmesini sağlamaktadır. Program, iş akışı ve iş analistlerinin alan bilgilerini uygulayarak tahmine dayalı analitik çözümlerini kolayca oluşturmaları için tasarlanmıştır (Birkhold vd., 2019). Knime program; ilaç araştırmalarında, iş zekâsı, müşteri ilişkileri

yönetimi (Customer Relationship Management — CRM) ve finansal uygulamalarda kullanılmaktadır (Tiwari & Sekhar, 2007).

Şekil 2.2’de yer alan grafikte 2017, 2018 ve 2019 yıllarında oy veren kullanıcıların son 12 ayda gerçek bir projede kullanılan makine öğrenimi araçları verilmiştir.



Şekil 2.2 En yaygın kullanılan makine öğrenimi araçları (Piatestsky, 2019)

Şekil 2.2’de yer alan grafik incelendiğinde; 2017 yılında R programının kullanımı %59,9 kullanım oranına sahipken, Python programının kullanım oranı %59 ‘dur. Fakat zaman içinde Python kullanım oranı arttığı ve R programı kullanım oranının düştüğü görülmüştür.

Dünya’da en çok kullanılan programları dilleri yıllara göre kullanım oranlarıyla beraber Tablo 2.1’ de yer verilmiştir. Yapılan anketler yazılımla ilgilenen tüm insanları kapsamaktadır. Bilgiler

incelendiğinde SQL dilinin yıllar içinde popülerliğinde azalma olmadığı görülmüş ve giderek arttığı gözlemlenmektedir. Python dili 2016’dan bu yana kolay ve anlaşılır kullanımı ile diğer programlama dillerine göre daha büyük artışlarla kullanım oranının arttığı gözlemlenmektedir. Python dilinin kullanım oranında 2017 yılından 2018 yılına geçerken %7’lik büyük bir artış olmuştur. R dilinin verilere bakıldığında 2018 yılında kullanım oranında %1,7 artış olduğu görülmektedir, fakat 2019 yılında programı kullanan kişilerin %0,3 azaldığı görülmüştür.

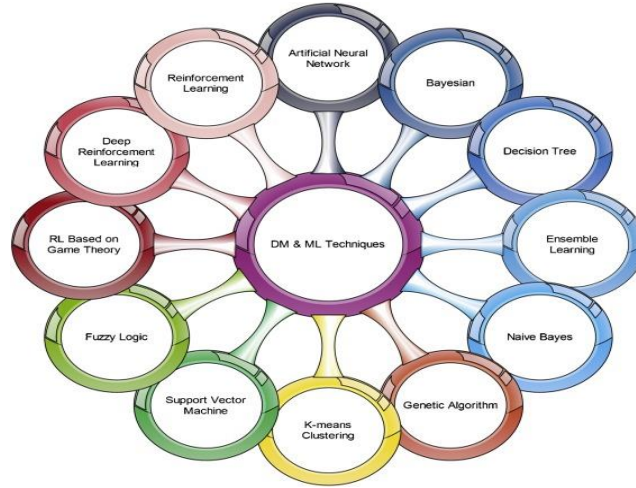
Tablo 2.1 Yıllara göre Dünya'da en çok kullanılan programlama dilleri

Programlama Dilleri	Kullanım Oranı (%)				
	2020	2019	2018	2017	2016
JavaScript	67,7	67,8	69,8	61,9	55,4
HTML/CSS	63,1	63,5	68,5	-	-
SQL	54,7	54,4	57,0	50,8	49,1
Python	44,1	41,7	38,8	31,7	24,9
Java	40,2	41,1	45,3	39,3	36,3
Bash/Shell/PowerShell	33,1	36,6	39,8	-	-
C#	31,4	31,0	34,4	33,8	30,9
PHP	26,2	26,4	30,7	27,9	25,9
TypeScript	25,4	21,2	17,4	9,4	-
C++	23,9	23,5	25,4	22,1	19,4
C	21,8	20,6	23,0	18,9	15,5
Go	8,8	8,2	7,1	4,2	-
Kotlin	7,8	6,4	4,5	-	-
Ruby	7,1	8,4	10,1	9,0	8,9
Assembly	6,2	6,7	7,4	4,9	-
VBA	6,1	5,5	4,9	-	-
Swift	5,9	6,6	8,1	6,4	-
R	5,7	5,8	6,1	4,4	-
Rust	5,1	3,2	-	-	-
Objective-C	4,1	4,8	7,0	6,4	6,5
Dart	4,0	1,9	-	-	-
Scala	3,6	3,8	4,4	3,5	-

Kaynak: (Szepesv'ari, 2009; Fazakis vd., 2016; Brownlee, 2020; Buffet vd., 2020)

Makine öğrenimi karar verme modellerini iyileştirmek için veri madenciliği ve hesaplamalı zekâ algoritmalarından yararlanmaktadır ve veri madenciliği ve makine öğreniminin iş kullarımlarına yönelik birçok uygulamalar içermektedir. Akademik çalışmalar incelendiğinde; tahmine yönelik çalışmalarda kullanılan algoritma ve tekniklerin, veri madenciliği

veya makine öğrenimi başlığında verildiği görülmektedir. Ancak aralarında ortak noktalar olmasına rağmen, bu disiplinler farklı kavramlar olarak anılmaya başlanmıştır. Şekil 2.3'de araştırmacılar tarafından kullanılan en yaygın kullanılan veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri görülmektedir (Shafiq ve ark., 2020).



Şekil 2.3 En yaygın kullanılan veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri

2021 yılına ait istatistiklere en çok popüler veri madenciliği teknikleri incelendiğinde bunların öncelik sırasının; Apriori algoritması, Beklenti maksimizasyonu (Expectation-Maximization veya EM), Sayfa sıralaması algoritması (PageRank Algorithm), C4.5 Algoritması, Naive Bayes Algoritması, CART (Classification and Regression Trees), K-Means Algoritması, SVM (Support Vector Machines), Adaboost Algorithm (Adaptive Boosting'in kısaltması olan AdaBoost) ve KNN Algoritması olduğu görülmüştür (Analytics insight, 2021). En popüler makine öğrenimi algoritmaları incelendiğinde ise bunların öncelik sırasının; Doğrusal regresyon, Lojistik regresyon, KNN

Algoritması, Naive Bayes, Support Vector Machines, Random Forest, Adaboost, Gradient boost, XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları olduğu görülmüştür (KDnuggets, 2021). Veri madenciliği ve makine öğrenimi algoritmalarının iş uygulamalarında sınıflayıcı temelli algoritmaların daha yaygın bir şekilde uygulandıkları görülmüştür.



### 3. Veri Madenciliği ve Makine Öğrenimi Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar

Veri madenciliği, istatistik ve makine öğrenimi disiplinleri; sağlık, işletme, endüstri, güvenlik vb. gibi birçok kuruluşların daha iyi kararlar almasına yardımcı olan ve işletmenin büyümesini pozitif yönde etkileyen ve veriden öğrenen disiplinlerdir. Günümüzde ses ve yüz tanıma, otonom araçlarda arama analizi, veri madenciliği ve sektörel uygulamalar gibi alanlarda makine öğrenmesi kullanılmaktadır. Makine öğrenimi ve veri madenciliği kavramlarının her ikisi de birçok ortak

kavramı kapsadığından dolayı bazen aralarındaki farkı görmek zordur. Veri madenciliği veri yığınları arasındaki anlamlı ve değerli ilişkileri ortaya koyarken, makine öğrenimi veri yığınları arasındaki ilişkiyi temsil eden bilgilerden yararlanarak modellere ilişkin tahmini sonuçlar bulur. Bu modeller, sonuca ulaşmada makinenin yapacağı işlemlerdir (softwaretesting, 2021). Veri madenciliği ve makine öğrenimi arasında bazı temel farklılıklar vardır (Educba, 2021; Knowlab, 2021; Kulin vd., 2021; Mitchell vd., 1990; Softwaretestinghelp, 2021; Javapoint, 2021). Söz konusu ortak noktalar ve farklılıklar Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Veri madenciliği ve makine öğrenimi arasındaki ortak noktalar ve farklılıklar

Veri Madenciliği ve Makine Öğrenimi
Veri madenciliği ve makine öğreniminin her ikisi de büyük veriden öğrenir.
Veri madenciliği ve makine öğreniminin her ikisi de analitik süreçler olup, veri biliminin (Data science) temel bir parçasıdır.
Veri madenciliği ve makine öğreniminin her ikisi de işletmelerin veri kümelerini faydalı bilgilere dönüştürmek için kullanılır. İşletmelerin daha iyi iş kararlarına yol açabilecek eğilimleri analiz etmelerine ve anlamalarına yardımcı olur.
Veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri araştırma konusuna göre tanımlanır, ancak kullanımlarında bazı teknikler aynıdır. Amaçları da genel olarak aynı olup, verileri anlamak, örüntülerin tanımaya yardımcı olmak ve kullanıcılar tarafından anlamlı modeller oluşturmaktır.
Makine öğrenimi algoritmalarını geliştirmek ve davranışını gelecekteki girdilere göre değiştirmek için veri madenciliği tekniklerini kullanır. Bununla birlikte makine öğrenimi, gelecekteki sonuçları tahmin edebilmesi için bazı verilerin arkasında neler olduğuna dair modeller oluşturmak için veri madenciliği tekniklerini ve diğer öğrenme algoritmalarını kullanır. Çoğunlukla matematiksel temellidir, ancak bu daha çok programlamaya yöneliktir.
Veri madenciliği ve makine öğreniminin ilk defa kullanımları örüntü tanımadan (Pattern recognition) ortaya çıkmıştır.
Makine öğrenimi algoritmaları için veri madenciliği algoritmasının “çıktısı” genellikle “girdi” olarak kullanılır.
Makine öğrenimi otomatikleştirilmiş bir süreç olduğundan, makine öğreniminin ürettiği sonuç, veri madenciliği ile karşılaştırıldığında daha kesin olacaktır.
Veri madenciliğinin kullanımında doğru algoritmaları seçebilen, parametreleri ayarlayabilen ve belirli bir problem için modelleri eğitebilen bir uzman gerektirir ve bu uzman makine öğrenimi araçlarıdır.

Makine öğrenimi ve veri madenciliği birbirlerinden ilham alan ve ortak noktaları olmasına rağmen, bazı farklılıkları olan kavramlardır. Söz konusu farklılıklar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Veri madenciliği ve makine öğrenimi arasındaki farklılıklar

Veri Madenciliği	Makine Öğrenimi
Veri madenciliği ham ve büyük veri yığınlarından anlamlı ilişki ve kurallar ortaya çıkarmaktır. Veri madenciliği istatistik, makine öğrenimi ve veritabanı sistemleri üzerine inşa edilmiştir.	Makine öğrenimi, makinelerin mevcut verilerden öğrendiği ve kendi kendine öğrenip geliştirdiği bir konsept üzerinde çalışır. Büyük verilerin yanısıra geçmiş deneyimlerden gelen algoritmayı ifade eder. Algoritmalar matematik ve programlama dilleri üzerine inşa edilmiştir.
Veri madenciliği verilerden kural çıkarmakla ilgili. Veri madenciliği teknikleri, hedef (Bağımlı) veri kümesini tanımlama veya makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak sonuçları tahmin edebilmeye yönelik olarak iki ana amaca sahiptir.	Makine öğrenimi bir bilgisayara açıkça programlanmadan görünmeyen verileri tahmin etmek için verilerden nasıl öğrenileceğini öğretmekle ilgilidir ve performansı iyileştirmeye odaklıdır. Geçmiş verilerden analizler yaparak bir durumun modellenmesini ve bu tahmini model sayesinde yeni bir veri geldiğinde onu etiketlemeyi amaçlar.
Veri madenciliği birçok makine öğrenmesi tekniklerini kullanır, fakat çoğunlukla mantıksal olarak farklı hedefleri vardır.	Makine öğrenmesi de denetimsiz öğrenme ya da öğrenici doğruluğunu geliştirmek için ön işleme adımı gibi veri madenciliği tekniklerini kullanır.
Veri Madenciliği, sonuçları tahmin etmek ve yararlı bilgiler elde etmek için CRISP-DM teknolojisini kullanır ve bilgi keşfi için veri tabanı, veri madenciliği motoru ve örüntü değerlendirmesini kullanır.	Makine öğrenimi, gelecekteki sonuçları tahmin edebilmek ve karar verebilmek için belirli bilgilerin arkasında neler olduğuna dair tahmini model oluşturmada veri madenciliği tekniklerini, grafiksel modelleri, doğal dil işlemeyi, sinir ağlarını ve otomatik algoritmaları kullanır.
Veri madenciliği, makine öğrenimi algoritmaları dışında diğer birçok tekniği de kullanır. Veri madenciliği bir araç olarak bir makine öğrenimi algoritması kullanılabilir, ancak veri madenciliği ham verilerden bir şeyler çıkarmak için başka bir araç olarak istatistikleri de kullanır.	Makine öğrenimi algoritmaları, veri madenciliği sürecinde kullanılabilir. Kullanılan sınıflayıcı teknikler çoğunlukla aynıdır ve hem veri madenciliğinde hemde makine öğreniminde kullanılabilir.

Veri madenciliği anlamlı ve değerli bilgiyi ortaya çıkarmada ve sonucu tahmin etmek için makine öğrenimi araçlarından yararlanır.	Makine öğrenimi kümeleme, sınıflandırma ve tahmin gibi veri madenciliği görevlerinde kullanılan hesaplama yöntemlerini kullanır.
Veri madenciliği veri bilimi ve iş analitiğinin bir alt kümesidir.	Makine öğrenimi veri bilimi ve yapay zekânın bir alt kümesidir.
Veri madenciliği, kullanıcıya yararlı ve anlamlı bilgileri çıkarmak için verileri derinlemesine inceler. Ayrıca veri madenciliği, makine öğrenimi için bir girdi kaynağı görevi görür.	Makine öğrenimi, makineleri eğitilmiş veri kümesiyle yinelemeli olarak besleyerek, makineleri mükemmel hale getirmek için karmaşık algoritmaları geliştirme yöntemidir. Bir diğer ifade ile makine öğrenimi makineyi okur.
Veri madenciliği verilerden bilgi keşfi yaparken insan faktörüne ihtiyaç duyar. Veri madenciliği, otomatik olarak gelmeyen ve insan eliyle tanımlanan veriler ile tahmini model sonuçlarını üretir. Veri madenciliği sürecinde akıllı özellikler insan tarafından tanımlanarak akıllı hale getirilebilir. Ancak değişken değiştiğinde model değişir ve sonsuza kadar kullanılamaz.	Makine öğrenimi algoritmaları sürekli olarak çalışarak sistemin performansını otomatik olarak iyileştirir ve herhangi bir hatanın ne zaman ortaya çıkabileceğini de analiz edebilir. Bazı yeni veriler olduğunda veya değişiklik olduğunda, makine değişiklikleri yeniden programlamaya veya insan müdahalesine gerek kalmadan dahil edebilir. Makine öğrenmesinde algoritma tanımlanarak otomatik olarak öğrenir ve tasarlandıktan sonra, daha iyi olmak için bir insana ihtiyaç duymazlar. Bir kez uygulandıktan sonra sonsuza kadar kullanılabilir.
Veri madenciliğinde model performansını artırmak için verinin büyüklüğü ve verinin temizlenerek modele hazır hale getirilmesi çok önemlidir. Verilerdeki aykırı uç değerler modelin doğruluk oranını azaltır veya model hatalarını artırır. Ayrıca veri madenciliği analizinde ilgili değişkenlerin modele alınması, veriye ve probleme uygun doğru model kurulması sonuçların güvenilirliğini artırır.	Makine öğreniminde model performansını artırmak için kendi kendine öğrenme algoritmalarını kullanır ve makine öğrenimi sonuç odaklıdır. Sunmuş olduğunuz veri ve parametreleri simüle ederek anlamlı tespitler yapan ve kendi kendini eğiten sistemlerdir. Ayrıca makine öğrenimi algoritmalarının parametreleri büyük ölçüde öğrenme sürecinin sonucunu etkiler. Modelin doğruluğunu artırmak için her parametre için optimum değeri bulmak ve bu parametreleri ayarlamak için bunların model üzerindeki bireysel etkilerini iyi anlamamız gerekir.
Veri madenciliği kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip değildir. Önceden tanımlanmış yönergeleri takip eder. Veri analizinde aşamaları takip etmeniz gerekir ve belirli bir soruna cevap verir.	Makine öğrenimi algoritmaları kendi kendini tanımlar ve duruma göre kurallarını değiştirebilir ve belirli bir sorunun çözümünü bulabilir ve bu şekilde çözebilir.
Veri madenciliği genellikle gerçek zamanlı kullanıcılar ve yazılım çözümleri sağlayıcıları tarafından veritabanlarında bilgi keşfi (KDD) olarak tanımlanır ve mevcut bir veri kümesini veri ambarı gibi kullanır. Veri tabanlarında bilgi keşfi sürecinde ilişkiler, kurallar ve kalıplar bilinmemektedir. Söz konusu ilişki, kural ve kalıpları bulmada veri kümelerinden yararlanır.	Makine öğreniminde, makineye verilerden öğrenmesi ve anlaması için bazı değişkenler ve kurallar verilir. Makine öğrenimi, bilgisayara verileri nasıl anlamlandıracağını ve ardından yeni veri kümeleri hakkında tahminler yapmayı öğreten bir eğitim veri kümesi üzerinde eğitilir. Bir diğer ifade ile makine öğrenimi bilgisayarların programlanmadan hareket etmesini sağlama bilimi olarak da tanımlanabilir.
Veri madenciliği, mevcut verilerden kuralları elde etmek için kullanılır.	Makine öğrenimi bilgisayara, kuralların nasıl öğrenileceğini ve kavranacağını öğretir.
Veri madenciliğinde doğruluk oranı çok yüksek olmasa da, büyük verinin yanı sıra az sayıda veriyi işleyerek ve modele hazırlayarak değerli bilgi keşfedilebilir.	Makine öğrenimi algoritması, mevcut algoritmaların sınırlı olması nedeniyle, verilerin standart biçimde beslenmesine ihtiyaç duyar ve doğru sonuçlar için büyük miktarda veriye ihtiyaç duyar.

#### 4. Makine Öğrenimi ve Veri Madenciliği Aşamaları

Veri madenciliği disiplini CRISM-DM metodolojisini izler. Bunlar; işi anlama, veriyi anlama, veriyi hazırlama, modelleme, değerlendirme ve sonuçların kullanmasıdır (Fayyad ve vd., 1996; Chapman P., Clinton J., 2000). Yapılan çalışmanın niteliği ya da amacı ne olursa olsun bu aşamalardan geçmek zorundadır. Mevcut sorunu herhangi bir zamanda başarılı bir şekilde çözüme ulaştırmak için bu adımlar büyük önem taşımaktadır (Chollet, 2017; Ersöz, 2019).

Makine öğrenimi (ML) adımlarının çoğu, Fayyad ve arkadaşlarının tanımladığı (1996) veri madenciliği aşamalarına benzemektedir. CRISP-DM'yi temel almakta, ancak kapsamının biraz daha geniş olduğu görülmektedir. Genel olarak makine öğreniminde yedi aşama vardır. Bunlar; veri toplama, veri

hazırlama, model seçimi, model eğitimi, değerlendirme ve yorumlama, parametre ayarlama ve tahmin yapmadır [Guo, 2017; Chollet, 2017; Mayo, 2018). Endüstri genelinde iş akışında makine öğrenimi, veri bilimi ve veri madenciliği ile küçük farklılıklar olmasına rağmen, bu farklılık çoğunlukla geri besleme döngüleri gibi farklılıkları kapsamaktadır (Mayo, 2018). Tablo 4.1'de veri madenciliği ve makine öğrenimi iş akışlarının genel bir yapısı karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 4.1. Veri madenciliği ve makine öğrenimi aşamaları

Veri Madenciliği Aşamaları (CRISP-DM)	Makine Öğrenimi Aşamaları (CRISP-ML)	Makine Öğrenimi Aşamaları		
		Studer ve vd. (2021)	Amershi ve vd. (2019)	Mayo (2018) (Guo, 2017; Chollet, 2017)
İş anlama	İş anlama	İş ve verileri anlama	Model ihtiyaçların ortaya konulması	Verilerin toplanması ve veri kümesinin birleştirilmesi
Verileri anlama ✓ Verileri toplama ✓ Verileri özetleme ✓ Verilerin görselleştirilmesi	Verileri anlama ve toplanması			
Verilerin modele hazırlanması ✓ Veri temizleme ✓ Veri dönüşümü, ✓ Veri normalleştirme, ✓ Aykırı ve uç değer temizleme ✓ Boyut indirgeme vb.	Verilerin hazırlanması ✓ Veri temizleme, aykırı ve uç değer temizleme ✓ Veri dönüşümü ✓ Veri filtreleme ✓ Veri normalleştirme ✓ Eğitim ve değerlendirme setlerinin bölünmesi vb.	Verilerin hazırlanması	Verilerin toplanması	Verilerin hazırlanması ✓ Veri temizleme ✓ Veri dönüşümü, veri normalleştirme, aykırı ve uç değer temizleme, ✓ Eğitim ve değerlendirme setlerinin bölünmesi
			Verilerin temizlenmesi	
			Verilerin etiketlenmesi	
Modelleme (Veri madenciliği doğru model ve tekniklerin seçilmesi) ✓ Sınıflayıcı ✓ Kümeleyici ✓ Birliktelik kuralları	Özellik veya modelin seçilmesi	Modelleme	Özellik seçimi	Modelin seçilmesi
	Modelin eğitilmesi		Modelin eğitilmesi	Modelin eğitilmesi
Modelin değerlendirilmesi (Performans ölçümü) ✓ Doğru sınıflandırma başarısı (Accuracy) ✓ Kappa istatistiği (Duyarlılık analizi) ✓ Sensitivity (Hassaslık) ✓ Specificity (Belirginlik) ✓ Ortalama mutlak hata (MAE) ✓ Eğri altında kalan alan (ROC) ✓ Görelî mutlak hata (RAE) vb.	Modelin değerlendirilmesi	Modelin değerlendirilmesi	Modelin değerlendirilmesi	Modelin değerlendirilmesi
Veri madenciliği sonuçlarının sunulması ve kullanılması	Model optimizasyonu (Hiperparametre ayarlama)			Modelin düzenli hale getirilmesi ve parametre ayarlama (Hiperparametre)
	Tahmin yapma	Model sonuçlarının sunulması ve kullanılması	Model sonuçlarının sunulması ve kullanılması	Tahmin yapma
	Modelin izlenmesi ve kestirimci bakım	Modelin izlenmesi ve kestirimci bakım	Modelin izlenmesi	

Veri madenciliği ve makine öğrenimi metodolojileri incelendiğinde, her ikisinde de CRISP-DM metodolojisinin ilk adımlarının benzediği görülmektedir. Ayrıca iş problemlerinin çözümlerinde kullanılan makine öğrenimi teknikleri ve veri madenciliği sınıflayıcı tekniklerinin çoğunlukla benzediği görülmektedir. Veri madenciliği “istatistiksel analiz ve modellemeler” ile “makine öğrenimi” tekniklerinin kullanılması ile devreye girmiştir. Bundan dolayı veri madenciliği, verinin içindeki bilginin ortaya çıkarılması için gelişmiş teknolojiler ve iş

deneyimi birlikte kullanılmalıdır (Ersöz, 2019). Veri madenciliği ve makine öğreniminde temel kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

*İşin veya projenin tanımlanması:* Problemlerin irdelenmesi aşamasında iş deneyimi ve uzmanlık önemlidir. Bu ilk adımda projenin amaç ve gerekliliklerinin anlaşılması ve iş perspektifinin ortaya çıkması gereklidir. Bu bilginin veri madenciliği problem tanımı olarak netleştirilmesi ve hedeflere ulaşma amaçlı planların oluşturulması gereklidir. Problemin tanımlanması aşaması, araştırmanın ve veri madenciliğinin amacını, mevcut durumun değerlendirilmesiyle planlama sürecinin belirlenmesini kapsar.

Bu aşamada ihtiyaçlar net bir şekilde tanımlanmalıdır. Bu basamakta amaçlar gerçekleştirilirken dikkat edilecek olan performans ölçütlerinin neler olduğuna ve son olarak bu süreç sonunda ortaya çıkan sonucun hangi durumlar için kullanılacağına karar verilir (Sumathi ve Sivanandam, 2006).

*Verilerin toplanması:* Bir modelin doğruluğu ve iyi sonuç vermesi kaliteli verilerin kullanılması sonucu elde edilir. Verilerin miktarı fazla oldukça model doğru sonuç elde eder. Veri toplama adımı makine öğrenimi sürecinin temelidir. Veriler araştırılmak istenen probleme uygun bir şekilde toplanmaktadır. Veri toplarken yanlış özelliklerin seçilmesi veya veri seti için sınırlı girdi türlerine odaklanma gibi hatalar, modeli geçersiz kılmaktadır (Yufeng, 2017).

*Verilerin hazırlanması:* Verilerin hazırlanma aşamasında, verilere makine öğrenme algoritmasının uygulanabilmesi için uygun hale getirilir. Uygun hale gelebilmesi için mevcut verilerin birtakım aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Bunlar veri temizleme, verilerin bütünleştirilmesi, verilerin dönüştürülmesi ve verilerin indirgenmesidir. Bu işlemlerden hangisinin kullanılacağı verinin ihtiyacına göre belirlenir (Sherarer, 2000). Temizlenen veriler model uygulanabilmesi için genelde %80'ne %20 olmak üzere eğitim ve test verisi olarak ayrıştırılır. Veri setinin ayrılmasının nedeni modeli eğitim verisinde eğitilip, test verisinde test edilmesidir (Kuhlman, 2009).

*Modelin seçilmesi:* Veri bilimciler tarafından geliştirilmiş, farklı amaçlar için kullanılacak çeşitli mevcut modeller bulunmaktadır. Bu modeller farklı hedefler düşünülerek tasarlanmıştır. Bu aşamada istenilen hedefe uygun model seçimi söz konusudur (Chollet, 2017). Bu çalışmada veri seti üzerinde daha doğru sonuçlar elde edebileceği düşünülen makine öğrenimi ve veri madenciliği tekniklerinden seçilmiştir. Bunlar; çoklu doğrusal regresyon, yapay sinir ağları ve karar ağaçları teknikleridir.

*Modelin eğitilmesi:* Makine öğrenimi sürecinin merkezinde modelin eğitimi yer alır. Algoritmanın eğitim verileriyle beslenmesini gerektiren bu aşamada öğrenmenin büyük bir kısmı yapılmaktadır. Veri setinin eğitim için ayrılan kısmı kullanılarak oluşturulan model eğitilir (Kubat vd., 1996). Çalışmada kullanılmak üzere seçilen modeller RStudio, Python ve Knime programlarında eğitilmiştir.

*Modelin değerlendirilmesi:* Bu aşamada eğitilen model değerlendirilmektedir. Bu nedenle değerlendirme için oluşturulan veri setinin bir kısmı modelin yeterliliğini kontrol etmek için kullanılır. Bu durum modeli eğitimin bir parçası olmayan durumlarda nasıl sonuç vereceğini test eder ve test sonucu modelin performansını belirlemektedir (Chollet, 2017). Yapılan çalışmada modellerin performans değerleri belirlenirken hataları ölçmek için hata kareler ortalamasının karekökü (Root Mean Squared Error – RMSE) kullanılmıştır. RMSE ölçüğe bağlı olduğundan, veri kümeleri arasında değil, belirli bir veri kümesi

için farklı modellerin tahmin hatalarını karşılaştırmak üzere kullanılan bir doğruluk ölçüsüdür (Hyndman & Koehler, 2006). Modelin açıklama gücünü gösteren belirtme (determinasyon) katsayısı olan ( $R^2$ ) kullanılmıştır. Regresyon modeli sonucunda bulunan belirtme katsayısı, kullanılan bağımsız değişkenlerin ( $X_1, X_2, X_n$ ) bağımlı değişkeni ( $Y$ ) açıklama oranıdır. Belirtme katsayısı ne kadar yüksek ise modeli açıklama gücünün o kadar yüksek olduğu söylenebilir (Ersöz & Ersöz, 2019). Model değerlendirme aşaması iş hedeflerinize ulaşmak için doğru yolda olduğunuzdan emin olmanıza olanak sağlar ve bir proje dağıtım aşamasına hazır olmadan önce önceki adımlara geri dönebilme imkânı sağlar.

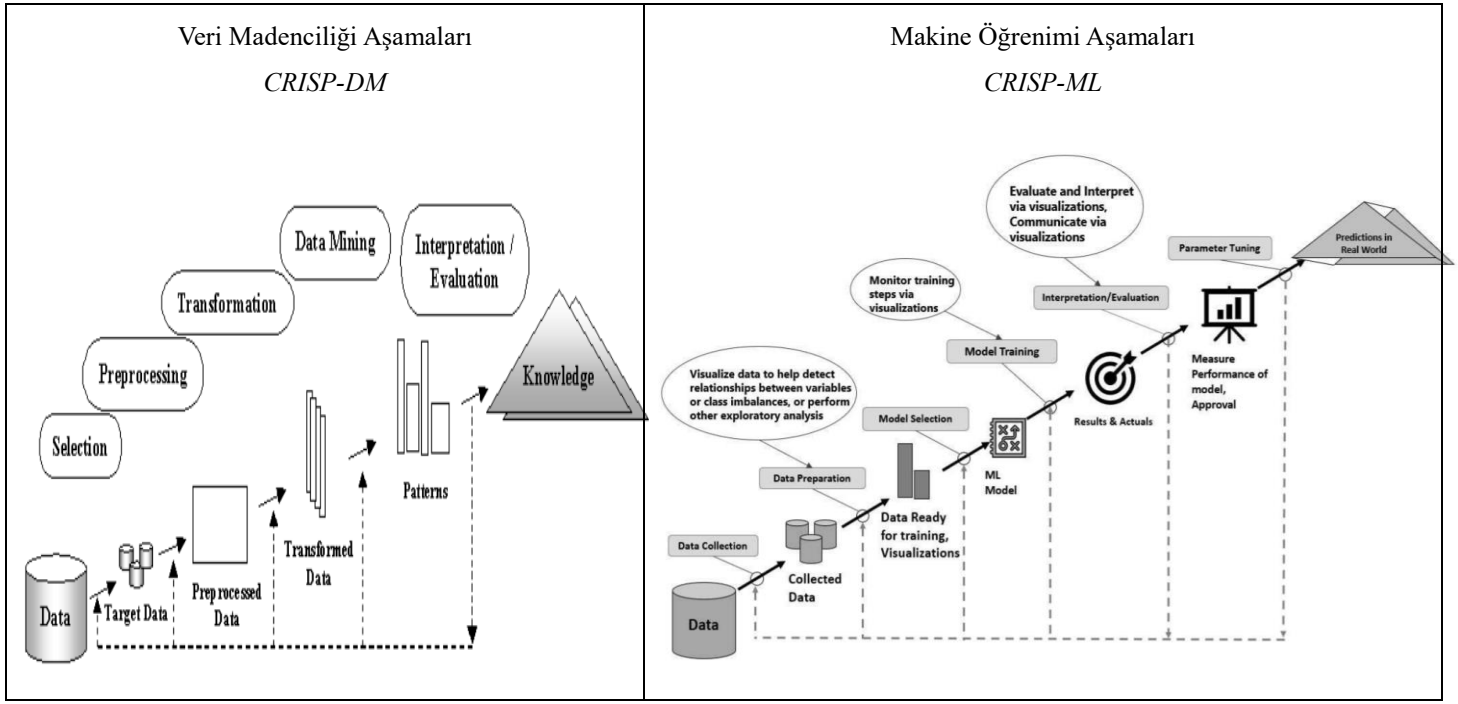
*Parametre ayarlama:* Model performansını arttırmak için gelişmiş parametre performans ayarlarının yapıldığı adımdır (Yufeng, 2017). Hiperparametre optimizasyonu değeri öğrenme sürecini kontrol etmek için kullanılan bir parametre değeridir. Aynı türden makine öğrenimi modeli, farklı veri modellerini genelleştirmek için farklı kısıtlamalar, ağırlıklar veya öğrenme oranları gerektirebilir. Hiperparametre optimizasyonu, belirli bağımsız veriler üzerinde önceden tanımlanmış bir kayıp fonksiyonunu en aza indiren optimal bir model sağlayan bir hiperparametre bulur. Oluşturulan modeller arasında en güvenilir ve en yüksek doğruluk derecesine sahip olanının saptanması gerekmektedir. Ayrıca model değerlendirme sürecinde, başarıyla tahmin edilen algoritmanın kendi içinde genelleştirip genelleştiremeyeceğini değerlendirmek gerekir. Bu değerlendirme yöntemlerinden birisi de k-kat çapraz geçerlemedir (k-fold cross validation). Veri seti k-kat çapraz geçerlemede k eşit parçaya ayrılır. Ayrılan k parçadan her defasında bir tanesi test, k-1 tanesi ise eğitim için kullanılması sağlanır. Sonuç olarak, k tane hata oranı oluşur ve bütün tahmin hatalarını hesaplamak adına hataların ortalaması alınmaktadır (Bergstra vd., 2012).

*Tahmin yapma:* Modelin uygulama yapmaya hazır olduğu aşamadır. Model kurarken ayrılan test verileri kullanılarak model tahmin edilir ve gerçek dünyada nasıl performans sağladığı incelenir (Mayo, 2018). Makine öğrenimi tahmin yapma aşamasında kurulan model artık insan unsurundan arınarak, makinenin kendi başına tahminlerde bulunma aşamasıdır.

*Model izleme ve bakım:* Makine öğrenimi modeli gerçek dünyadaki herhangi bir sürecin istatistiksel bir gösterimidir ve veri kullanılarak süreç modellenir. Değişen bir ortamda modelin bozulma riskine karşı modelin izlenmesi ve kestirici bakımı önemlidir.

Şekil 4.1'de veri madenciliği ve makine öğrenimi sürecinin temel aşamalarının karşılaştırılması görsel olarak verilmiştir.





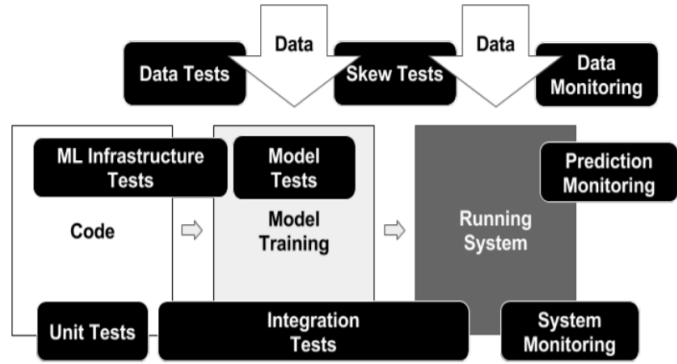
Şekil 4.1 Veri madenciliği ve makine öğrenimi süreçleri (Fayyad vd. 1996; Eisler & Meyer, 2020)

Makine öğrenimi (ML) sistem davranışı büyük ölçüde verilere ve modellere bağlı olarak değişir. Bunun için makine öğreniminde eğitim verilerin kod gibi test edilmesi gerektiği ve eğitilmiş bir ML modeli hata ayıklanabilirlik, geri alma ve izleme gibi uygulamalara ihtiyaç duyar (Breck ve vd., 2017). Şekil 4.2'de ML sistem tabanlı modelin test edilme ve izleme aşaması verilmiştir.

Hsu ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan çalışmanın amacı, hazır giyim endüstrisinde standart boyutlu grafikler için endüstriyel standartları geliştirmek adına antropometrik veriler kullanılarak kalıplar ve kurallar oluşturmak oluşturmaktır. Tayvan'ın en büyük giyim şirketlerinden birinde 986 kadın bedeni ölçüleri ve 52 antropometrik değişken ile toplamda 51,272 adet antropometrik veri elde edilmiştir. Denekler ayrıştırılarak 956 adeti ileri analizler için kullanılmıştır. Vücut tiplerini belirleme, kümeler ayırma işlemleri Ward's minimum varyans yöntemi ve K-Means algoritması kullanılarak yapılmıştır. Faktör analizi sonucunda bel ölçüsü ve yükseklik faktörü konfeksiyon imalatında çok önemli değişkenler olduğu tespit edilmiştir. Ward'un minimum varyans yöntemi kullanılarak ilk kümeleme gerçekleştirilmiş, son kümeler K-Means algoritmasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucu K-Means algoritmasıyla en iyi beş küme bel ölçüsüne göre bulunmuştur. Ayrıca vücut tipi A, B, C, D ve Y yükseklikle ilgili antropometrik değişkenler için önemli farklar elde edilememiştir (Hsu, 2009).

Selvanayaki ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışmada, tekstil üretimi için önemli olan pamuğun özelliklerine odaklanarak kalite tahmini yapılmıştır. Çalışmada kullanılan 12 farklı özelliğe sahip veri seti, özel bir iplik fabrikasından toplanmıştır. Pamuğun kalitesine karar veren baskın özellikler arasında açıklık uzunluğu (mm), homojenlik oranı %, mukavemet (g/tex), mikronarie, tiftik, çepel, görünmez kayıp, olgunluk katsayısı bulunmaktadır. Weka programı kullanılarak yapılmış olup çalışmada; Multilayer perceptron, Naive bayes, J48 decision tree ve K-nearest neighbor algoritmaları kullanılmıştır. Modellerin performansı ise k-katlı çapraz kullanılarak ölçülmüştür. Araştırma sonucunda J48 decision tree algoritmasının, diğer algoritma tahminlerine göre daha iyi performans sağladığı görülmüştür (Selvanayaki vd., 2010).

Özbek ve Akalın (2011) çalışmalarında, Ocak 1995 - Aralık 2008 arasındaki 168 veri ile Türkiye'nin Almanya'ya olan denim pantolon ihracatının tahminlemesini yapmışlardır. Tahminleme için YSA modellerinden Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ve Elman Tekrarlayan Sinir Ağları (ERNN) modelleri kullanılmıştır.



Şekil 4.2 Makine öğreniminde sistem tabanlı test etme ve izleme (Breck ve vd., 2017)

Makine öğreniminde model değişen bir ortama uyarlanabilir olmalıdır, aksi takdirde modelin performansının düşük olur ve modelinin kalıcı olarak izlenmesi ve bakımının sağlanabilmesi de zamanla bozulur.

## 5. Literatür İncelemesi

Bu çalışmada veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak üretim miktarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Literatür taramasında veri madenciliği ve makine öğrenimi tekniklerine ilişkin son yıllarda tekstil ve hazır giyim sektöründe yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Makine öğreniminin tekstil sektörü üzerindeki etkileri inceleyen referans çalışmalar araştırılarak, literatüre yapılabilecek katkılar bulunmaya çalışılmıştır.

Modelde girdi olarak; pamuk fiyatı, su fiyatı, elektrik fiyatı, hazır giyim sektöründeki kredi kullanımı, denim pantolon ithalatı, reel efektif döviz kuru, Almanya'nın denim pantolon ithalatı ve Türkiye'ye kota uygulaması, Almanya'da kişi başına düşen gelir ve nüfusu, Almanya'daki işsizlik ve enflasyon verileri, T1'nin ABD Doları karşısındaki değeri, ihracat kredileri, asgari ücret ve denim pantolon markaları, verileri kullanılmıştır. Kullanılan her iki modelin de tahmin açısından başarılı sonuçlar verdiği ve kot pantolon ihracatının tahmininde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Elman Network'un MLP Network'ten daha iyi tahmin performansına sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kurulan model ile ithalatın öngörülmesi ve gelecekteki ihracatlar için önemli çıktılar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır (Özbek&Akalin, 2011).

Mozafary ve Payvandy (2014) tarafından yapılan çalışmada, tekstil endüstrisinde veri madenciliği teknikleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler kamgarn iplik fabrikasının kalite kontrol laboratuvarında bir yıl boyunca yapılan 70 değişken dahil olmak üzere 2241 deney çalışmasından oluşmaktadır. İncelenen değişkenler arasında; lif özellikleri, üretim süreci parametreleri ve iplik kalitesi parametreleri bulunmaktadır. K-means ile oluşturulan her küme için ANN algoritması ile iplik kalitesi tahmin etmiştir. Araştırma sonucunda K-means ve ANN tekniklerine ilişkin model doğruluk oranlarının, yapay sinir ağından daha doğru olduğu tespit edilmiştir (Mozafary & Payvandy, 2014).

Guler ve arkadaşları tarafından (2017) yapılan çalışmada, tekstil sektöründe yer alan bir firmada birden fazla veri madenciliği tekniği kullanılarak pantolon üretim miktarlarının, hangi faktörler tarafından etkilendiğini bulmayı amaçlamışlardır. Çalışmada kullanılan veri setinin değişkenleri; çalışan sayısı, çalışma saati, fazla mesai, toplam çalışma saati, günlük partide üretilen ürün sayısı ve kişi başına üretim olarak alınmıştır. Analiz tekniklerinden ise C&RT, çoklu doğrusal regresyon analizi, yapay sinir ağları ve Chaid teknikleri kullanılmıştır. Sınıflayıcı model performansları karşılaştırıldığında; ortalama mutlak hatanın en düşük olduğu ve doğrusal korelasyon dikkate alındığında en iyi tahmin sonucunu veren C&RT algoritması olduğu görülmüştür. C&RT algoritmasının sonuçlarına göre pantolon üretim miktarını etkileyen en önemli değişkenin kişi başına üretim olduğu görülmüş ve bunu sırasıyla üretim tarihi ve toplam çalışma saati izlemiştir (Guler vd., 2017).

Lin ve arkadaşları (2018) tarafından yapılmış olan çalışmada, tekstil endüstrisinde makine öğrenimi için anahtar operasyon parametresi ile kusur arasındaki ilişkiye odaklanıp, bir tavsiye sistemi (OPRS) tasarlamaktır. Veriler, Li Peng tekstil fabrikasının ERP sisteminden alınmıştır. Çalışılan veri seti 240963 satır uzunluğuna sahiptir ve değişkenler; özgü süreci, boyutlandırma süreci, ışınlanma süreci, dokuma işleminden oluşmaktadır. Çalışma, iplik özelliklerine göre işlem parametre tahmini için regresyon modeli ve üretim kalitesi işlem parametre tahmini için sınıflandırma modeli olmak üzere iki farklı model kullanılarak birleştirilmiştir. Regresyon modelleri olarak; Linear regression, Lasso regression, Ridge regression ve Elasticnet regression kullanılmıştır. Sınıflandırma teknikleri olarak; Decision Tree, Random Forest, Adaboost, Gradient Boosting, XGBoost kullanılmıştır. Araştırma sonucunda; iplik özelliklerine göre işlem parametresi tahmini için Lasso regression ve üretim kalitesi için XGBoost algoritmaları kullanılmış olup, on kat çapraz doğrulama testine dayanan sonuçlar ile modelin kalite seviyesi tahmininde % 90,8 doğruluk elde etmişlerdir. En iyi regresyon modelinin ortalama kare hatasını (MSE) %0.01' e düşürebileceğini

göstermişlerdir (Lin vd., 2018).

Taur ve arkadaşları (2019) tarafından tekstil sektöründe kurutma işleminin tahmin ve analiz edilmesi üzerine yapılan çalışmanın amacı, kumaşların nem içeriği oranını tahmin etmek için birkaç makine öğrenimi modeli oluşturmaktır. Kumaşların kurutma prosesi senaryosu, kumaşı sekiz kurutma kutusundan geçiren bir bandı içerir ve kurutma sonrası kumaşın hedeflenen ölçüsü nem içeriği oranıdır. Kolaylık olması için sekiz kurutma kutusunun tümü, her çalışma için aynı sıcaklık derecesine sahiptir. Veri kümesi 117 adet veriden oluşmakta ve tür, genişlik, ağırlık, yoğunluk sıcaklığı, hız özelliklerine sahiptir. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir; birinci aşama, veri özelliklerini incelemek ve uygun algoritma seçimini kolaylaştırmak adına temel modeller üzerinde bir parametre incelemesidir. Seçilen modeller Decision Forest Regression, Neural Networks ve K Nearest Neighbor regression modelleridir. İkinci aşamada, daha karmaşık complex ensemble öğrenme algoritmalarından olan Adaboost, Stacking Regressor, Voting Regressor metodlarının karşılaştırma sonuçları incelenmiştir. Modellerin ortak bir temelde nasıl performans gösterdiği RMSE ile belirlenmiş olup, Stacking Regressor'ın en iyi model olduğu sonucuna ulaşılmışlardır. (Taur vd., 2019).

Seçkin ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan bu çalışmada, bir üretim sürecinin nasıl simüle edileceğine ve makine öğrenimi ile zaman serisi verilerinden regresyonun nasıl yapılacağına dair bir yöntem sunulmuştur. Çalışmanın oluşturulmasında K-Nearest Neighbors, Adaboost, Decision Tree, Random Forest ve Support Vector Regression algoritmaları kullanılmıştır. Modelin performansının ölçülmesinde k- çapraz doğrulama ve performans metrikleri (MAE, MSE, R<sup>2</sup>) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Support Vector Regression algoritması her parametre için en iyi tahmin sonucunu vermiştir (Seçkin vd., 2019).

Odabaş (2019) tarafından yapılan çalışmanın amacı, gömlek üretimi yapan bir tekstil firmasında üretim adetlerini etkileyen kumaş maliyeti, pamuk fiyatı, döviz kuru ve operasyonel maliyeti değişkenlerinin arasındaki ilişkileri çoklu doğrusal regresyon ile belirlemektir. Çalışmada kullanılan veriler bir tekstil firmasının 2011 Ocak – 2018 Aralık aylarında toplanan verilerden oluşmaktadır. Toplanan veriler Eviews ve Weka programlarında, talep tahmini analizi yöntemlerinden çoklu regresyon analizi ve zaman serileri analizi yöntemlerinden ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Eviews programında çoklu doğrusal regresyon modeline göre en önemli değişkenin döviz kuru olduğu tespit edilmiştir (Odabaş, 2019).

Demir ve Dincer (2020) tarafından yapılan çalışmada, veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleriyle bir tekstil firmasının ürettiği tekstil ürünlerinin kusurlu olup olmadığını incelemişlerdir. Çalışmada üretim hattında 250 farklı değişken ve 72959 satır veri bulunmaktadır. Çalışma Python programı kullanılarak yapılmış olup, lojistik regresyon ve KNN algoritmaları uygulanarak, modelin uygulanabilirliği ve başarı oranları değerlendirilmiştir. Modelin sonuçlarına göre, lojistik regresyon ve K-en yakın komşu algoritmalarının %90'ın üzerinde başarı oranı verdiği görülmüştür (Dincer & Demir, 2020).

Tozak (2021) tarafından yapılan çalışmada, tekstil sektöründe yer alan bir işletmenin satış verilerinin analizi yapılması ve tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler 2016 Ocak- 2019 Temmuz ayları arasında elde edilen 7281 adet gömlek satış verileridir. Veri setinin değişkenleri; siparişin ait olduğu müşteri, üretimin yapıldığı fabrika, sipariş grubunun departmanı, model numarası, üretimin yapıldığı ülke, sezonu ve siparişin

üretim termini, siparişin yılı ve ayı ve siparişin birim fiyatı ile aylık sevk adetidir. Uygulamada karar ağaçları algoritmaları kullanılmış olup, IBM SPSS modeller, Weka, RStudio ve Knime makine öğrenimi araçları kullanılarak programların model performansları ölçülmüştür. Model performanslarında; korelasyon katsayısı, MAE, RMSE, bağıl mutlak hata sonuçları karşılaştırmış ve çıkan sonucu göre modeli en iyi analiz eden programın Knime olduğu görülmüştür (Tozak, 2021).

## 6. Tekstil Sektöründe Bir Uygulama

Bir yapının temel süreçleri etrafında karar vermeyi oluşturan tekstil ürünlerine yönelik gelecekte oluşabilecek olan talebi tahmin etmek için doğru bir tahmin modeli oluşturulması çok önemlidir (Lorente-Leyva vd., 2021). Karmaşık verilerin analizinde ise veri madenciliğinin uygulama gücü birçok çalışmada kanıtlanmıştır (Taranto, 2021). Tekstil üretiminde veri madenciliği, makine öğrenimi ve yapay zekâ kavramları yeni değildir. Endüstriyel ve ticari alanlarda yaygın olarak kullanılan veri madenciliği ve makine öğrenimi araçları, üretim sorunlarının çözülmesi ve endüstriyel verilerden kuralları ve kalıpların çıkarılmasına kadar birçok uygulamada yararlanılmıştır.

Tekstil imalatında basit bir işlem veya standart bir ürün üretilmesinde bile büyük bir veri üretilir ve depolanır. Tekstil işlem parametreleri, lif ve iplik özellikleri, mukavemeti, kumaş performansı, hata tespiti vb. gibi birçok uygulama veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri ile ortaya konabilmektedir. Ayrıca bu araçlarla birlikte yapay zekânın kullanımı ile kamera tabanlı bir denetim sistemi kurarak, ürünlerin görüntülerini gerçek zamanlı olarak yakalayabilir ve mevcut kumaş desen verileriyle karşılaştırılabilir.

Bu çalışmada, tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin aylık üretim verileri kullanılarak makine öğrenim teknikleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler üzerinden analiz yapılırken üretimi etkileyen faktörlerde incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri setine hitap eden birden fazla teknik ve yazılım programı olduğu için, üretim verileri üzerinde aynı amaç üzerinden farklı makine öğrenimi algoritmaları ve programları kullanılmış olup, en iyi performansı sağlayan en iyi model ve yazılım programı bulunmaya çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler, tekstil sektöründe faaliyet gösteren ve denim üretimi yapan bir firmanın üretim verilerini kapsamaktadır. 2017 yılının ilk üç ayını (Ocak, Şubat, Mart) kapsayan veri seti; gün, çalışan sayısı, çalışma saati, fazla mesai saati, toplam çalışma saati, günlük üretim, kişi başına üretim olmak üzere 75 adet veriden oluşmaktadır. Verinin yüksek miktarda olması, model tahmin gücünü ve güvenilirliğini etkilemesine rağmen, bu çalışmada az sayıda veri ile model kurulmaya çalışılmış ve kurulan her modelde yüksek model güvenilirliği elde edilmiştir.

Veri setindeki değişkenlere ilişkin bilgileri aşağıda açıklanmıştır.

- ✓ Gün: 2017 yılının ilk üç ayı; Ocak, Şubat ve Mart kapsamaktadır.
- ✓ Çalışan sayısı: Normal çalışma saatlerinde çalışan kişi sayısını gösterir.
- ✓ Çalışma saati: Normal iş günündeki adam saat miktarıdır.
- ✓ Fazla mesai saati: İş yerinde çalışan personelin günlük olağan çalışma saatlerinin üzerinde çalıştığı saatleri ifade etmektedir.
- ✓ Toplam çalışma saati: Toplam çalışma süresi normal çalışma saatleri ve fazla mesai olarak belirtilir.
- ✓ Günlük üretim: Bir gün içinde ürün bandında üretilen ürün sayısını gösterir.
- ✓ Kişi başına üretim: Gün içinde çalışan bir kişinin üretime katkı sağladığı ortalama ürünü gösterir.

Çalışmada kullanılan değişkenlerin önemliliği doğrusal regresyon modeli altyapısına göre işlenmiştir. Çoklu doğrusal regresyon modelinin veri üzerindeki geçerliliği ve ayrıca verilerin daha doğru regresyon sonuçları vermesi adına değişkenler arasında çoklu bağıntı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu doğrultuda modelin anlamlılığı Anova tablosuyla, çoklu bağıntı problemi ise varyans enflasyon faktörü (VIF) sonucuna ve tolerans değerlerine bakılarak karar verilmiştir. Şekil 6.1'de IBM SPSS Statistics programı ile elde edilen Anova tablosu ve regresyon katsayı değerlerine yer verilmiştir.

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25971,617	3	8657,206	2386,761	,000 <sup>b</sup>
	Residual	257,530	71	3,627		
	Total	26229,147	74			

a. Dependent Variable: Production\_per\_employer  
b. Predictors: (Constant), Daily\_production, Over\_time, Working\_time

Coefficients <sup>a</sup>								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	215,657	3,601		59,884	,000		
	Working_time	-,001	,000	-,631	-37,459	,000	,488	2,050
	Over_time	-,001	,000	-,533	-43,348	,000	,916	1,092
	Daily_production	,038	,001	1,087	66,651	,000	,520	1,924

a. Dependent Variable: Production\_per\_employer

Şekil 6.1 Anova ve katsayılar tablosu

Şekil 6.1'de yer verilen ilk kısımda yer alan Anova tablosu sonuçları incelendiğinde, çoklu doğrusal regresyon modelinin anlamlı ve önemli olduğu sonucuna varılır ( $p=0,00<0,05$ ). Katsayılar tablosuna göre ise VIF değerleri beşten büyük ve tolerans değerleri 0,2'nin üstünde yer aldığı için çoklu bağıntının olmadığı sonucuna varılır (Ersöz, 2019). Regresyon modelinin anlamlı olması, bağımsız değişkenler arasında yüksek derecede

ilişki olmamasına bağlıdır. Gün, çalışan sayısı ve toplam çalışma saati değişkenleri çoklu bağıntı oluşturduğu ve model hatasını arttırdığı için veri setinden çıkarılmıştır.

Regresyon analizi bir tahmin (Öngörülse) analizi olup, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler yardımıyla tahmin edilmesini sağlar (Ersöz & Ersöz, 2019). Regresyon analizi ile değişkenler arasında oluşan ilişkiden bilgi elde edilebilir ve eğer ilişki var ise

regresyon bu ilişkinin gücü hakkında bilgi verebilir (Lukman & Natalina, 2019).

Şekil 6.2’de RStudio programında çoklu doğrusal regresyon modeli ekran çıktısı yer almaktadır.

```
Call:
lm(formula = .outcome ~ ., data = dat)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.074337 -0.010619 -0.000593  0.010486  0.073887

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.454168   0.002537  179.05 <2e-16 ***
working_time -0.125578   0.003720  -33.75 <2e-16 ***
over_time    -0.096007   0.002637  -36.40 <2e-16 ***
daily_production 0.211381  0.003642   58.03 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01997 on 58 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9891, Adjusted R-squared:  0.9886
F-statistic: 1760 on 3 and 58 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Şekil 6.2 RStudio çoklu doğrusal regresyon modeli sonucu

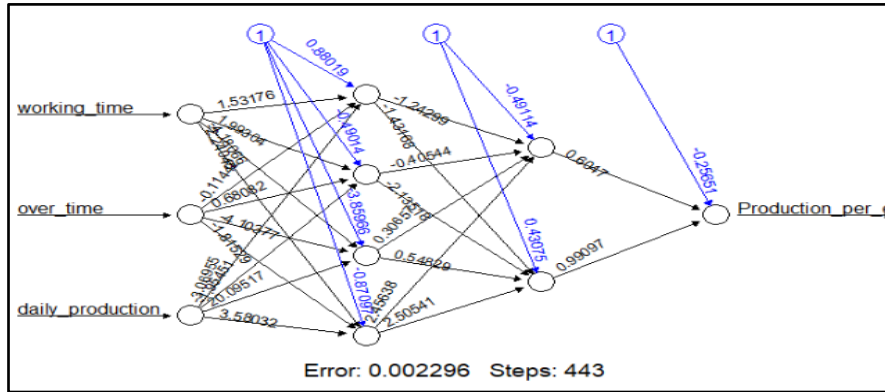
Şekil 6.2’de yer verilen RStudio regresyon modeli sonucuna göre; tahmini regresyon katsayıları ve önem düzeyleri verilmiştir. Elde edilen çoklu doğrusal regresyon modelinin sabit katsayısı 0.454168 ‘dir. Çalışma zamanı ve fazla mesai saati değişkenleri kişi başına üretimde negatif bir etki yaratmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon modeli sonucunda en önemli değişkeninin “günlük üretim” olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 6.3’de Python programından çoklu doğrusal regresyon modeli ekran çıktısı yer almaktadır.

```
model.intercept_ #sabit değer
array([[2.13412689]])

model.coef_ #bağımsız değişken katsayı
array([[ -0.00079899, -0.00093322,  0.00038114]])
```

Şekil 6.3 Python çoklu regresyon modeli sonucu



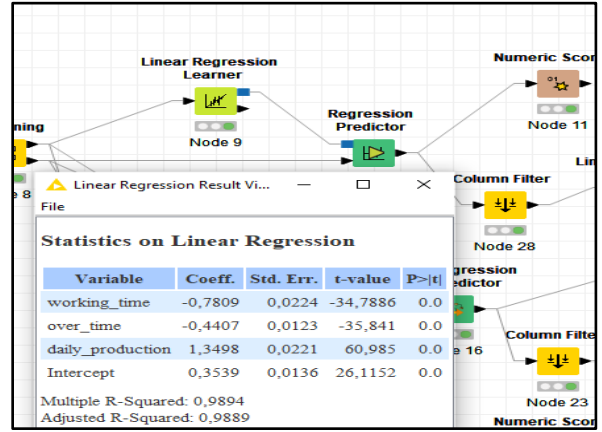
Şekil 6.5 RStudio YSA modeli sonucu

RStudio programı yapay sinir ağı modeli sonucu incelendiğinde modelin 443 adımda Şekil 6.5’de ekran resmi verilen şekle geldiği ve bu sinir ağını oluştururken 0.002296 hata yaptığı görülmektedir. Yapay sinir ağında bulunan hesaplamalar sonucunda kişi başına üretime (hedef değişken) gelen toplam mesaj topluluğunun sigmoid fonksiyonunun hesaplanması sonucu elde edilen değer -0.25651 olduğu sonucuna varılmıştır.

Kurulan yapay sinir ağı modelinin elde edilen performans değerleri sonuçları; RMSE değeri 0.0085, R<sup>2</sup> değeri ise 0.997 ‘dir. Model hatasının oldukça düşük olması ve açıklama oranının e-ISSN: 2148-2683

Şekil 6.3’de yer alan çoklu doğrusal regresyon modeli incelendiğinde, en önemli değişkenin “günlük üretim” olduğu sonucuna varılmıştır. Denklemi negatif yönde etkileyen değişkenler ise çalışma zamanı ve fazla mesai saati değişkenleridir.

Şekil 6.4’de Knime programından çoklu doğrusal regresyon modeli ekran çıktısı yer almaktadır.



Şekil 6.4 Knime çoklu regresyon modeli sonucu

Çoklu doğrusal regresyon modelleri Python, R ve Knime programlarında incelendiğinde beklendiği gibi en önemli değişkenin “günlük üretim” olduğu görülmüştür.

Yapay sinir ağı yapısı gereği insan beyninin bilgi işleme sistemine benzemektedir. İnsan yapısında bulunan nöron hücrelerinin arasındaki sinaptik bağın dijital olarak modellenmesi yapay sinir ağlarıdır (Wang, 2003). Şekil 6.5’de RStudio YSA modeli sonucu yer almaktadır.

yüksek olmasından dolayı modelin doğru ve güvenilir olduğu söylenebilir.

Şekil 6.6’da Python YSA modeli sonucu yer almaktadır.



```

mlp_model = MLPRegressor(hidden_layer_sizes=(4,2),activation="relu",random_s
<
mlp_model

MLPRegressor(hidden_layer_sizes=(4, 2), max_iter=2000, random_state=99,
solver='lbfgs')

...

y_pred = mlp_model.predict(X_test_scaled)
np.sqrt(mean_squared_error(y_test, y_pred))

0.08378773007212008

mlp_model.score(X_test_scaled, y_test)

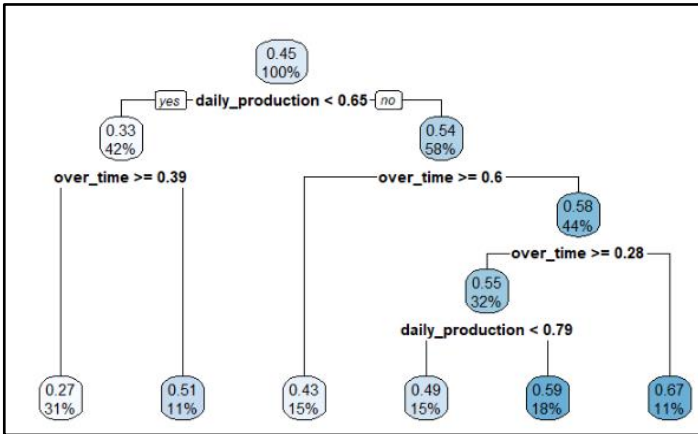
0.7071912032599912
    
```

Şekil 6.6 Python YSA modeli sonucu

Şekil 6.6'da yer alan Python kodları incelendiğinde, oluşturulan modelin dört katmanlı ve iki gizli katmana sahip bir yapay sinir ağı tasarlandığı görülmektedir. Yapay sinir ağının hata oranını düşürmek ve daha doğru bir sonuç vermesini sağlamak için çözücü olarak "lbfgs" seçilmiştir. Bunun sebebi "lbfgs" çözücüsünün küçük veri setlerinde daha hızlı ve daha güçlü performans göstermesidir (Kuhlman, 2009). Modelin verdiği sonuçlar %70'lik bir doğruluk oranına sahipken, modelin hatası 0.08378'dir.

Knime programında oluşturulan yapay sinir ağı model sonuçlarına göre %97 model güvenilirliği ile 0.034 RMSE hata değerine sahiptir. Modelin hata değerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Karar ağacı modeli basitlik, anlaşılabilirlik, parametresiz ve karma tip verileri işleyebilen özellikleri nedeniyle en başarılı öğrenme algoritmalarından biridir (Su & Zhang, 2006). Şekil 6.7'de RStudio programı kullanılarak elde edilen karar ağacı modelinin ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 6.7 RStudio karar ağacı modeli sonucu

Şekil 6.7'de yer verilen karar ağaçları modelinin görüntüsü incelendiğinde günlük üretim 0,65'ten küçük olduğunda tahmini kişi başına üretim %42 oranla 0,3, büyük olduğunda ise tahmini kişi başına üretim %58 oranla 0,5 olarak gerçekleşmektedir.

Fazla mesai 0,6 'ya eşit ve büyükse %15 oranla tahmini kişi başına üretim 0,4, fazla mesai 0,6'ya eşit ve büyük değilse %44 oranla tahmini kişi başına üretim 0,6 olarak elde edilir. Fazla mesai 0,28'e eşit ve büyükse %32 oranla tahmini kişi başına

üretim 0,5, fazla mesai 0,28'e eşit ve büyük değilse %11 oranla tahmini kişi başına üretim 0,7 olarak elde edilir. Günlük üretim 0,79 'dan küçükse %15 oranla tahmini kişi başına üretim 0,5, günlük üretim 0,79'dan büyükse %18 oranla tahmini kişi başına üretim 0,6 olarak elde edilir.

Kurulan karar ağacı modelinin elde edilen performans değerleri sonuçları; RMSE değeri 0,11835, R<sup>2</sup> değeri ise 0,59205 'tir. Bu sonuç çoklu doğrusal regresyon ve yapay sinir ağı modellerine göre karar ağacı modeli model performans sonuçlarına göre oldukça düşük tespit edilmiştir.

Şekil 6.8'de Python programı kullanılarak elde edilmiş karar ağacı modeli sonucu yer almaktadır.

```

from sklearn.metrics import mean_squared_error
np.sqrt(mean_squared_error(y_test, y_pred))

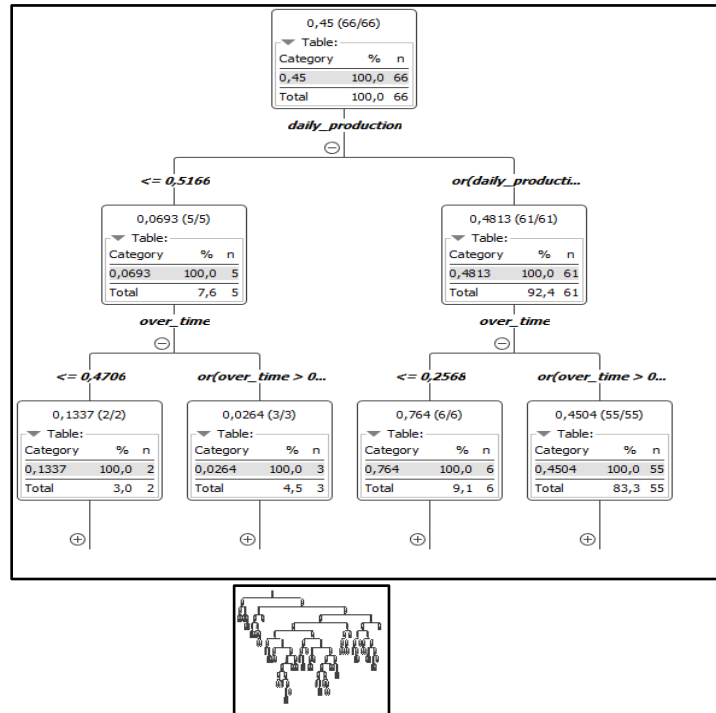
0.05452828012447613

dr_model.score(X_test, y_test)

0.8759870982093203
    
```

Şekil 6.8 Python karar ağacı modeli sonucu

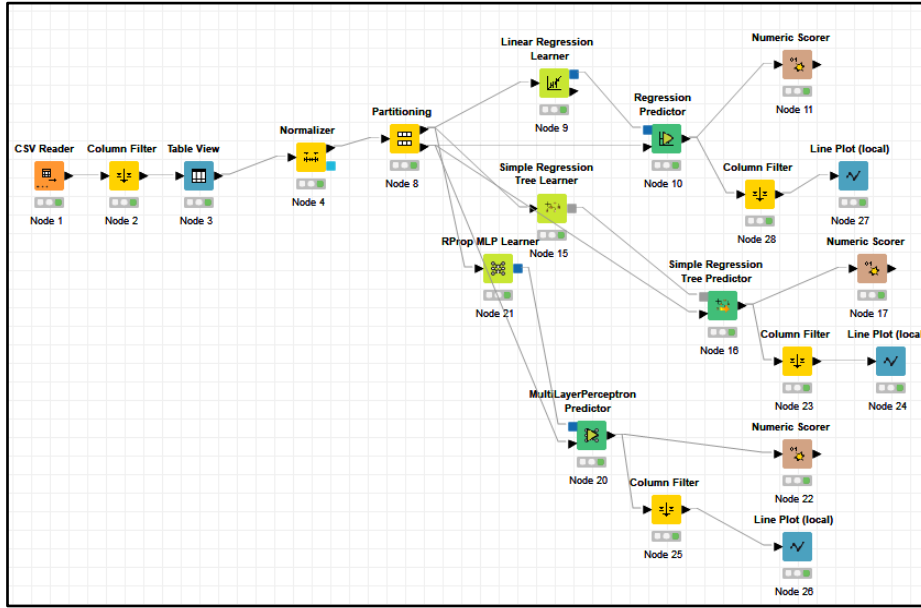
Şekil 6.8'de Python programı kullanılarak oluşturulan karar ağacı modeli incelendiğinde, kurulan modelin %87 oranında güvenilir olduğu ve model hatasının 0,0545 oranına sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Modelin açıklama oranı kabul edilebilir bir düzeye sahiptir. Model 0,0545 hataya sahip olduğu görülmektedir ve hata oranı çok yüksek olmadığından modelin verdiği sonuçların doğruluk oranı yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 6.9'da Knime programı ile oluşturulan karar ağacı modelinin görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 6.9 Knime karar ağacı modeli sonucu

Knime karar ağacı modeli görüntüsü incelendiğinde; günlük üretim 0,51'den küçük ve eşit olursa tahmini kişi başına üretim 0,07, küçük ve eşit olmazsa tahmini kişi başına üretim 0,5 olarak elde edilir. Fazla mesai 0,47'den küçük ve eşit olursa tahmini kişi başına üretim 0,1, küçük ve eşit olmazsa tahmini kişi başına

üretim 0,03 olarak elde edilir. Fazla mesai 0,25'ten küçük ve eşit olursa tahmini kişi başına üretim 0,8, küçük ve eşit olmazsa tahmini kişi başına üretim 0,5 olarak elde edilir. Şekil 6.3.4'te Knime programında oluşturulan modellerin görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 6.10 Knime modellerin ekran görüntüsü

### 6.1. Sınıflayıcı Tekniklerin Performans Karşılaştırması

Bu çalışmada tekstil denim üretimi verileri üzerinden makine öğrenimi algoritmaları ile RStudio, Python ve Knime programları kullanılarak doğrusal regresyon, yapay sinir ağı ve karar ağacı

teknikleri uygulanmıştır. Tahmini model sonuçlarının karşılaştırılmasında  $R^2$  ve RMSE değerlerinden yararlanılmıştır. Tablo 6.1.1'de modellerin performans değerlerinin sonuçlarının karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 6.1.1 Modellerin performans değerlerinin karşılaştırılması

	Tahmini Model Performansları					
	Regresyon		Yapay Sinir Ağı		Karar Ağacı	
Programlar	RMSE	$R^2$	RMSE	$R^2$	RMSE	$R^2$
R	0.0193	0.9891	0.0085	0.9978	0.1210	0.5734
Python	0.0135	0.9923	0.0837	0.7072	0.0545	0.8760
Knime	0.0160	0.9940	0.0340	0.9740	0.0740	0.8720

Tekstil üretim verisine; RStudio, Python ve Knime farklı makine öğrenimi programları ve farklı teknikler uygulanmıştır. Çoklu doğrusal regresyon modeli sonuçları her üç makine öğrenimi program ile karşılaştırıldığında; Knime programında model belirtme katsayısının diğer programlara göre yüksek olduğu ve hata oranları incelendiğinde ise her üç program sonuçlarının yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre çoklu doğrusal regresyon modeli uygulamasında, Python ve Knime programlarının kullanımı tercih edilebilir.

Yapay sinir ağı modeli makine öğrenimi program sonuçları karşılaştırıldığında; R programı hata oranının, diğer programlara göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca R programı belirtme katsayısının 0,99 ile oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yapay sinir ağı modeli uygulamasında R programı tercih edilebilir.

RStudio, Python ve Knime farklı makine öğrenimi programlarında Karar ağacı modeli tahmini sonuçları incelendiğinde; Python ve Knime programlarının tahmini model hatalarının düşük ve model belirtme katsayılarının yüksek olduğu görülmüştür. Karar ağacı uygulamasında Python ve Knime makine öğrenimi programlarının kullanımı tercih edilebilir.

## 7. Sonuç ve Tartışma

Günümüzde firmalar için hızla artan rekabet ile pazarda güçlü kalarak ve sürekliliği sağlamak oldukça zor olmaya başlamıştır. Tekstil işletmeleri farklı yöntemler ile rakiplerine üstünlük sağlayıp, yeni müşteriler kazanarak sürekli gelişim ilkesini benimsemeleri gerekmektedir. Tekstil sektörü, Türkiye'nin önde gelen istihdam ve ihracat alanında rekabet oranı yüksek olan sektörlerden biridir. Yeni teknolojiler firmaların rekabet üstünlüğünü sağlamasında önemli roller üstlenmektedir. Makine öğrenimi ve veri madenciliği yaklaşımları yeni teknolojiler

arasında yer almaktadır. Bu sektörde başarıyı yakalayabilmek için önemli noktalardan biri de gelecek ile ilgili öngörülerde bulunabilmektir. Firmaların gelecek ile ilgili doğru ve güvenilir bilgiler elde edebilmesi, buldukları pazarda büyük avantaj sağlayacaktır. Tekstil firmalarında söz konusu teknolojileri kullanarak; verilerin doğru şekilde analiz edilmesi, verilerden anlamlı yapıların ortaya konması ve geleceğe yönelik planlamalar ve stratejik kararlar alınabilir.

Bu çalışmada veri madenciliği ve makine öğrenmesi kavramları ve diğer disiplinler ile ilişkisi açıklanmış ve makine öğrenmesi ve diğer ilgili disiplinlerin gelişimi verilmiştir. Ayrıca genellikle kavram karmaşasına neden olan veri madenciliği ve makine öğrenmesi disiplinleri karşılaştırılmıştır. Uygulama bölümünde tekstil sektörünün denim üretiminde faaliyet gösteren bir işletmenin aylık üretim verileri kullanılarak makine öğrenimi ve veri madenciliği teknikleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler üzerinden analiz yapılırken üretimi etkileyen faktörlerde incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri setine uygun birden fazla teknik ve program olduğu için üretim verileri üzerinde aynı amaç üzerinden farklı makine öğrenimi algoritmaları ve programları kullanılmış olup, en iyi performansı sağlayan en iyi model ve en iyi program bulunmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda güvenilir ve daha doğru bir sonuç elde edebilmek adına RStudio, Python, Knime olmak üzere üç farklı program yardımı ile sınıflayıcı tekniklerden; çoklu doğrusal regresyon, yapay sinir ağları ve karar ağaçları algoritmaları kullanılarak makine öğrenimi yapılmıştır.

Araştırma sonucuna göre sınıflayıcı tekniklerin kullanımında, tahmini model performansları her programda farklı tespit edilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon modeli sonuçları her üç program ile karşılaştırıldığında; model belirtme katsayısı yüksek ve hata oranı düşük olduğunun Python ve Knime programlarının tercih edilmesi önerilmektedir. Yapay sinir ağı modeli program sonuçları karşılaştırıldığında, model hata oranının düşük ve belirtme katsayısının yüksek olduğu R programının tercih edilmesi önerilmektedir. Karar ağacı modeli uygulamasında ise yine model hatası düşük ve belirtme katsayısı yüksek olan Python ve Knime programlarının tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca tüm makine öğrenimi programları ve veri madenciliği teknikleri birlikte değerlendirildiğinde en iyi tahmini model sonuçlarını veren programın Python programı olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla Knime ve R program izlemiştir.

Literatürde veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri hemen hemen tüm sektörlerde uygulanmıştır. Tekstil sektöründe ise farklı yöntemler ve farklı makine öğrenimi programı çalışmaları mevcuttur. Ancak bu çalışmanın; tekstil sektöründe RStudio, Python ve Knime gibi farklı makine öğrenimi programlarında; çoklu doğrusal regresyon, yapay sinir ağı ve karar ağacı olmak üzere makine öğrenimi tekniklerinin kullanılıp, tahmini model performanslarının karşılaştırılması açısından literatüre katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca çalışmanın günümüz işletme problemlerinin çözümünde, iş geliştirmede ve müşterilerin ve olası sonuçları hakkında daha fazla bilgi edinmesine yardımcı olan; veri madenciliği, makine öğrenimi, veri bilimi ve yapay zekâ gibi disiplinlerin daha açık olarak tanımlanmasına yardımcı olacağı değerlendirilmektedir.

Günümüz işletmelerinin çoğu yazılımları sadece verileri toplamak ve bulgular ve raporlar sağlamak için kullanmaktadır. Ancak 21. yüzyılın yeni teknolojilerin ve daha akıllı ürünlerin ortaya çıkmasıyla oluşan büyük bir verilerin okunması ve anlamlandırılmasına yönelik; veri madenciliği, makine öğrenimi

ve yapay zekâ uygulamalarının kullanılması işletmelere yüksek fayda sağlayacaktır. Gelecekte bu disiplinleri işletmenin temel yetenekleri haline getirmek, personeli eğitimlerle desteklemek, iş akışlarını buna göre entegre etmek ve en sonunda tüketicilere kişiselleştirilmiş hizmet sağlamak, işletmenin kârını artırmanın ve değer yaratmanın anahtarı olacaktır.

## Kaynakça

- Accentura (2021). *Artificial intelligence*. Erişim: 12 Eylül. 2021. <https://www.accenture.com/in-en/insights/artificial-intelligence-summary-index>.
- AI, D. (n.d.). *Association Learning*. Deep AI. <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/association-learning>
- Algorithmia. (2020). *2020 State of Enterprise Machine Learning*. [https://info.algorithmia.com/hubfs/2019/Whitepapers/The-State-of-Enterprise-ML-2020/Algorithmia\\_2020\\_State\\_of\\_Enterprise\\_ML](https://info.algorithmia.com/hubfs/2019/Whitepapers/The-State-of-Enterprise-ML-2020/Algorithmia_2020_State_of_Enterprise_ML).<https://algorithmia.com/state-of-ml>.
- Analytics Insight (2021). *Top Machine learning tools used by experts in 2021*. <https://www.analyticsinsight.net/top-machine-learning-tools-used-by-experts-in-2021>. Erişim 12 Ekim, 2021.
- Angrist, J. D., & Pischke, J. S. (2008). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.
- Amershi, S., Begel, A., Bird, C., DeLine, R., Gall, H., Kamar, E., Nagappan, N., Nushi, B., & Zimmermann, T. (2019). *Software engineering for machine learning: a case study*. 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP), pp. 291–300.
- Analytic Insight (2021). *Top 10 data mining algorithms 2021*. Erişim: 21 Temmuz 2021. <https://www.analyticsinsight.net/top-10-data-mining-algorithms-2021/>
- Bergstra, J., Ca, J. B., & Ca, Y. B. (2012). *Random search for hyper-parameter optimization Yoshua Bengio*. Journal of Machine Learning Research (Vol. 13). <http://scikit-learn.sourceforge.net>.
- Birkhold, C., Tamagnini, P., & Schmid, S. (2019). *How to automate machine learning | KNIME*. <https://www.knime.com/blog/how-to-automate-machine-learning>.
- Breck, E.; Cai, S.; Nielsen, E.; Salib, M.; Sculley, D. *The ML test score: A rubric for ML production readiness and technical debt reduction* (2017). In *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Big Data* (Big Data). Boston, MA, USA, 11–14 December. pp. 1123–1132.
- Brownlee, J. (2020). *6 dimensionality reduction algorithms with python*. <https://machinelearningmastery.com/dimensionality-reduction-algorithms-with-python/>
- Buffet, O., Pietquin, O., & Weng, P. (2020). *Reinforcement learning*. In arXiv (Vol. 3, issue 3, p. 1448). arXiv. <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.1448>.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T.P., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide*.
- Chollet, F. (2017). *Deep learning with python*. Manning Publications.
- Dataversity website (2021). A brief history of machine learning.

- Erişim: 05 Eylül. 2021. <https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/>
- Educba website (2021). Data mining vs machine learning. Erişim: 21 Eylül 2021. <https://www.educba.com/data-mining-vs-machine-learning/>
- Eisler, S., & Meyer, J. (2020). Visual analytics and human involvement in machine learning. *ArXiv, abs/2005.06057*.
- Ersöz, F. (2019). *SPSS ile istatistiksel veri analizi*. Seçkin Yayıncılık. Ankara
- Ersöz, F., & Ersöz, T. (2019). *Veri madenciliği teknikleri ve uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık. Ankara
- Fayyad, U.M., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. (1996). *Knowledge discovery and data mining: towards a unifying framework*. In Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96). AAAI Press, 82–88.
- Fazakis, N., Karlos, S., Kotsiantis, S., & Sgarbas, K. (2016). *Self-Trained LMT for semisupervised learning*. Computational Intelligence and Neuroscience, 2016, 3057481. <https://doi.org/10.1155/2016/3057481>.
- Forbes (2018). *5 Entrepreneurs on the rise in AI*. Erişim: 12 Eylül. <https://www.forbes.com/sites/insights-intelai/2018/11/29/5-entrepreneurs-on-the-rise-in-ai/?sh=7c79e67cf99f>
- Fox, J., & Andersen, R. (2005). *Using the R statistical computing environment to teach social statistics Courses*. <http://cran.r-project.org/>.
- Ersoz, F., Guler, E., Ersoz, T. (2017). *Knowledge discovery and data mining techniques in textile industry*. International Journal of Computer and Information Engineering. Vol. 11, No 7. 923-927.
- Guo Yufeng. *The 7 steps of machine learning*. 2017. In: [towardsdatascience.com](http://towardsdatascience.com)
- Gürsakar, N. (2018). *Makine Öğrenmesi*. Dora yayınları.
- IBM Software (2021). *Machine learning*. Erişim: 28 Temmuz 2021. IBM Software Website: <https://www.ibm.com/tr-tr/cloud/learn/machine-learning>
- Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). *Another look at measures of forecast accuracy*. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.001>
- Javatpoint website (2021). Erişim: 16 Eylül 2021. <https://www.javatpoint.com/data-mining-vs-machine-learning>
- KDnuggets website (2018). *The 7 steps of machine learning*. Erişim: 04 Eylül 2021. <https://www.kdnuggets.com/2018/05/general-approaches-machine-learning-process.html>
- KDnuggets website (2020). *History of data mining*. Erişim: 20 Ekim 2021. <https://www.kdnuggets.com/2016/06/rayli-history-data-mining.html>
- KDnuggets website (2021). *10 best data mining tools*. Erişim: 04 Eylül 2021. <https://www.kdnuggets.com/2021/01/machine-learning-algorithms-2021.html>
- Knowlab website (2021). Erişim: 10 Ekim 2021. from <https://knowlab.in/machine-learning-vs-data-mining-whats-the-difference/>
- Kubat, M., Bratko, I., & Michalski, R. (1996). *A Review of Machine Learning Methods*.
- Kuhlman, D. (2009). *A Python Book: Beginning Python, Advanced Python, and Python Exercises*. <http://www.davekuhlman.org>
- Kulin, Merima & Kazaz, Tarik & De Poorter, Eli & Moerman, Ingrid. (2021). *A survey on machine learning-based performance improvement of wireless networks: PHY, MAC and Network Layer*. *Electronics*. 10. 318. 10.3390/electronics10030318.
- Legendre, A.M. (1805). *Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes*. Firmin Didot. Paris, 1805. “Sur la Méthode des moindres carrés” appears as an appendix.
- Lin, J.-Y., Lee, C.-Y., & Chang, R.-I. (2018). *Improve quality and efficiency of textile process using data-driven machine learning in industry 4.0*. *International Journal of Technology and Engineering Studies*, 4(2). <https://doi.org/10.20469/ijtes.4.10004-2>.
- Lorente-Leyva, L. L., Alemany, M. M. E., Peluffo-Ordóñez, D. H., & Araujo, R. A. (2021). *Demand forecasting for textile products using statistical analysis and machine learning algorithms*. *Lecture Notes in Computer Science* (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 12672 LNAI, 181–194. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73280-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73280-6_15)
- Lovell MC. *Data mining*. *Rev Econ Stat* 1983, 65:1– 11.
- Lukman, I., & Natalina. (2019). *Association rules and regression linear model of the groundwater population by the evaluation of uranium*. *MATEC Web of Conferences*, 270, 04017. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927004017>.
- McCorduck, Pamela (2004), *Düşünen Makineler (2. baskı)*. Natick, MA: AK Peters Ltd.. ISBN 978-1-56881-205-2, OCLC 52197627.
- Malaca, P., Luis, ·, Rocha, F., Gomes, · D, Silva, J., Germano Veiga, ·, & Luis, B. (2019). *Online inspection system based on machine learning techniques: real case study of fabric textures classification for the automotive industry*. *J Intell Manuf*, 30, 351–361. <https://doi.org/10.1007/s10845-016-1254-6>.
- Mariscal, G., Marbán, Ó., & Fernández, C. (2010). *A survey of data mining and knowledge discovery process models and methodologies*. *The Knowledge Engineering Review*, 25, 137–166.
- Martínez-Plumed F, Contreras-Ochando L, Ferri C, Orallo JH, Kull M, Lachiche N, Ramírez-Quintana MJ, Flach PA (2019) *CRISP-DM twenty years later: from data mining processes to data science trajectories*. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 33(8):3048–3061.
- May, S. (2019). *6 Reasons to learn data science with python | benefits of python data science training*. <https://www.zeolearn.com/magazine/benefits-of-learning-data-science-with-python>.
- Mayo, M. (2018). *Frameworks for Approaching the Machine Learning Process-KDnuggets*. Erişim: 12 Eylül 2021. <https://www.kdnuggets.com/2018/05/general-approaches-machine-learning-process.html>
- Mayo, Matthew. *The 7 Steps of Machine Learning*, In: KDnuggets.com,2018
- Mitchell Guthrie, P. (2014). *Looking backwards, looking forwards: SAS, data mining, and machine learning*. <https://blogs.sas.com/content/subconsciousmusings/2014/08/22/looking-backwards-looking-forwards-sas-data-mining-and-machine-learning/#prettyPhoto/0/>
- Mitchell, T.; Buchanan, B.; DeJong, G.; Dietterich, T.; Rosenbloom, P.; Waibel, A. *Machine learning*. *Annu. Rev. Comput. Sci.* 1990, 4, 417–433.
- Mozafary, V., & Payvandy, P. (2014). *Application of data mining technique in predicting worsted spun yarn quality*. *Journal of the Textile Institute*, 105(1), 100–108.



- <https://doi.org/10.1080/00405000.2013.812552>
- Murdoch, W. J., Singh, C., Kumbier, K., Abbasi-Asl, R., & Yu, B. (2019). *Definitions, methods, and applications in interpretable machine learning. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 116(44), 22071–22080. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900654116>.
- Özbek, A., Akalın, M. (2011). The prediction of Turkey's denim trousers export to Germany with ANN models. *Tekstil ve Konfeksiyon*. 21(4):313-322. İstanbul.
- Patel, K., Fogarty, J., Landay, J., and Harrison, B. (2008). *Investigating statistical machine learning as a tool for software development. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '08)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 667–676.
- Piatestsky, G. (2019). *Python leads the 11 top Data Science, Machine Learning platforms: Trends and Analysis - KDnuggets*. <https://www.kdnuggets.com/2019/05/poll-top-data-science-machine-learning-platforms.html/2>
- Portugal, I., Alencar, P., & Cowan, D. (2018). *The use of machine learning algorithms in recommender systems: A systematic review. In Expert Systems with Applications (Vol. 97, pp. 205–227)*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.12.020>
- Ryu, S., Lee, H., Lee, D. K., & Park, K. (2018). *Use of a machine learning algorithm to predict individuals with suicide ideation in the general population. Psychiatry Investigation*, 15(11), 1030–1036. <https://doi.org/10.30773/pi.2018.08.27>
- SAS software (2021). Retrieved on september 14, 2021 from IBM Software Website: [https://www.sas.com/en\\_us/insights/analytics/machine-learning.html](https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/machine-learning.html)
- Seagate Technology. (2020). *SEAGATE*. Seagate. <https://www.seagate.com/tr/tr/our-story/data-age-2025/>
- Selvanayaki, M., Vijaya, M. S., Jamuna, K. S., & Karpagavalli, S. (2010). *Supervised learning approach for predicting the quality of cotton using WEKA*. *Communications in Computer and Information Science*, 70, 382–384. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12214-9\\_61](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12214-9_61)
- Shafiq, Muhammad & Tian, Zhihong & Bashir, Ali & Jolfaei, Alireza. (2020). *Data mining and machine learning methods for sustainable smart cities traffic classification: A Survey*. *Sustainable Cities and Society*. 60. 10.1016/j.scs.2020.102177.
- Sherarer, C. (2000). *The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining. Journal of Data Warehousing*, 5(4), 1–15.
- Softwaretestinghelp website (2021). Data mining vs machine learning vs artificial intelligence vs deep learning. Erişim: 04 Ağustos 2021. <https://www.softwaretestinghelp.com/data-mining-vs-machine-learning-vs-ai/>
- Sotirios P. Chatzis, Vassilis Siakoulis, Anastasios Petropoulos, Evangelos Stavroulakis, Nikos Vlachogiannakis (2018). Forecasting stock market crisis events using deep and statistical machine learning techniques. *Expert Systems with Applications*. Vol. 112.353-371.
- Studer, Stefan & Bui, Binh & Drescher, Christian & Hanuschkin, Alexander & Winkler, Ludwig & Peters, Steven & Müller, Klaus-Robert. (2021). *Towards CRISP-ML(Q): A machine learning process model with quality assurance methodology*. *machine learning and knowledge extraction*. 3. 392-413. 10.3390/make3020020.
- Su, J., & Zhang, H. (2006). *A fast decision tree learning algorithm introduction and related work*. [www.aaii.org](http://www.aaii.org)
- Sumathi, S., Sivanandam S.N., “*Data mining tasks, techniques and applications, studies in computational intelligence (SCI)*”, Springer-Verlag, Berlin.189-216.
- Szepesvári, C. (2009). *Algorithms for Reinforcement Learning*. Morgan & Claypool Publishers.
- Taranto-Vera, G., P. Galindo-Villardón, J. Merchán-Sánchez-Jara, J. Salazar-Pozo, A. Moreno-Salazar and V. Salazar-Villalva, 2021. *Algorithms and software for data mining and machine learning: A critical comparative view from a systematic review of the literature*. *J. Supercomputing*. Vol. 2021.
- Tanzeel U. Rehman, Md. Sultan Mahmud, Young K. Chang, Jian Jin, Jaemyung Shin (2019). *Current and future applications of statistical machine learning algorithms for agricultural machine vision systems*, *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 156. Pages 585-605,
- IOBE. (2021). *TIOBE - The software quality company*. [https://www.tiobe.com/tiobe-index/Tiwari, A., & Sekhar, A. K. T. \(2007\). Workflow based framework for life science informatics. In \*Computational Biology and Chemistry\* \(Vol. 31, Issues 5–6, pp. 305–319\). <https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2007.08.009>](https://www.tiobe.com/tiobe-index/Tiwari, A., & Sekhar, A. K. T. (2007). Workflow based framework for life science informatics. In Computational Biology and Chemistry (Vol. 31, Issues 5–6, pp. 305–319). https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2007.08.009)
- Wang, S.-C. (2003). *Artificial Neural Network. Interdisciplinary Computing in Java Programming*. 81–100. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0377-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0377-4_5)
- Wen, H., & Gu, Q. (2014). *The elements of supply chain management in new environmental era*. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 242 LNEE(VOL. 2), 867–880. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40081-0\\_74](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40081-0_74)
- Yufeng, G. (2017). *The 7 Steps of Machine Learning* (pp. 1–13). <https://livecodestream.dev/post/7-steps-of-machine-learning/>



# Conceptual Design of Python IDE with Embedded Turkish Spoken Chatbot that Analyzes and Corrects the Syntax Errors

Turgay Tugay Bilgin<sup>1\*</sup>, Erdem Yavuz<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak., Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9245-5728), [turgay.bilgin@btu.edu.edu.tr](mailto:turgay.bilgin@btu.edu.edu.tr)

<sup>2</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak., Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3159-2497), [erdem.yavuz@btu.edu.tr](mailto:erdem.yavuz@btu.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035421)

**ATIF/REFERENCE:** Bilgin, T.T. & Yavuz, E. (2021). Conceptual Design of Python IDE with Embedded Turkish Spoken Chatbot that Analyzes and Corrects the Syntax Errors. *European Journal of Science and Technology*, (29), 415-424.

## Abstract

Intelligent agents, in addition to act as a cognitive tool, they can also to be designed as learning agents. In this way, they can learn the user's behavior from users' past behaviors. Learning agents can analyze the user's / student's behavior to a task, build a database of past activities, and suggest better strategies. This study provides a detailed review of interactive guidance using intelligent agents, and then introduces a concept model for a Conversation-based Turkish Python Integrated development environment (IDE) that can analyze user syntax errors and help them to correct errors. The model proposed in this study consists of three layers. These are user interface layer, middle layer, and Python interpreter layers. User interface layer consists of code editor and chatbot components. Middle layer includes code structural control subsystem, code error manager, and intelligent agent subsystems. The code structural control module analyzes conditions, loops, branching, and other types of program flow controls in the user's code. The code error manager analyzes the error outputs of the user code which is generated by the Python interpreter. The intelligent learner, on the other hand, uses these inferences to understand the reason for the student's error and convey the necessary actions to the user by the help of chatbot and suggest possible corrections. The proposed Integrated development environment (IDE) has a well-designed UI that can be easily adapted by newcomers. The coding editor can be used as a stand-alone desktop software, or it can also connect to a cloud storage to store user codes in the cloud. A web application is also planned for our proposed IDE. The teacher will be able to assign homework to the student over the web. The student will be able to view these assignments on the web, do the assignments in the desktop editor and send them back to the teacher over the web. In addition, each user's error characteristics will be analyzed, the success of the learning will be measured, and the deficiencies of the students will be determined using the Intelligent Agent Subsystem.

**Keywords:** Integrated Development Environments, Chatbots, Intelligent Agents.

## Sözdizimi Hatalarını Analiz Eden ve Düzelten Türkçe Sohbet Robotuna sahip Python Tümlşik Geliştirme Ortamı Kavramsal Tasarımı

### Öz

Zeki etmenler, bir bilişsel araç olarak hizmet etmenin yanı sıra, kullanıcıların geçmişteki davranışlarından hareketle kullanıcının davranış biçimini öğrenebilecek şekilde, yani öğrenen etmen olarak tasarlanabilirler. Bu şekilde tasarlanmış etmenler kullanıcının/öğrencinin bir göreve yaklaşımını analiz edebilir, geçmiş faaliyetler için bir veri tabanı oluşturabilir ve daha iyi stratejiler önerebilir. Bu çalışma, zeki etmenler ile etkileşimli yönlendirme çalışmaları hakkında detaylı bir inceleme sunmakta ve ardından kullanıcı hatalarını analiz edebilen diyalog tabanlı Türkçe Python kod editörü tasarımı için bir konsept model ortaya koymaktadır. Bu çalışmada önerilen sistem, üç katmanlı mimariye dayandırılmaktadır. Bu katmanlar kullanıcı arayüzü katmanı, orta katman ve Python yorumlayıcısı katmanlarıdır. Kullanıcı arayüzü katmanı; editör ve sohbet robotu bileşenlerinden oluşmaktadır. Orta katman; kod yapısal kontrol, kod hata yöneticisi ve öğrenen zeki etmen alt sistemlerini içerir. Kod yapısal kontrol modülü kullanıcının kodundaki koşul, döngü, dallanma ve diğer tür program akış kontrollerinin analizini yapar. Kod hata yöneticisi, kullanıcının yazdığı Python kodunun, Python yorumlayıcı tarafından çalıştırılması sonucunda elde edilen hata bildirimlerini analiz eder. Öğrenen zeki etmen ise bu çıkarımları kullanarak öğrencinin hatasının sebebini anlayarak bunları düzeltmesi için gereken işlemleri sohbet robotu aracılığıyla kullanıcıya

\* Corresponding Author: [turgay.bilgin@btu.edu.edu.tr](mailto:turgay.bilgin@btu.edu.edu.tr)

aktarır ve olası düzeltmeler önerir. Önerilen geliştirme ortamının, kodlamaya yeni başlayanların kolay adapte olabileceği ergonomiye sahip olması planlanmıştır. Bu amaçla kullanıcıya yönlendirme sağlamak için diyalog tabanlı etmen içeren bir alt sistemin düşünülmüştür. Kodlama editörü tek başına bir masaüstü yazılım olarak kullanılabilmesi gibi, yazılan kodları bulut ortamında depolama özelliğine de sahip olabilmektedir. Bulut ortamında eğitici/öğretmen tarafından kullanıcıya atanan ödevleri alabilme ve öğrencilerin çözümlerini tekrar eğiticiye gönderebilme özelliklerine sahip olması planlanmıştır. Ayrıca, her bir kullanıcının hata analizlerinin yapılabilmesine olanak sağlayarak öğrenmenin ne ölçüde gerçekleştiği ve öğrencilerin hangi konularda eksiklerinin olduğunu görülebilmeye olanak sağlayan bileşenler tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tümüleşik Geliştirme Ortamları, Sohbet Robotları, Zeki Etmenler.

## 1. Introduction

One of the earliest studies on the use of intelligent agents for educational purposes was carried out by Roesler and Hawkins in 1994. In their study, the most general definition of intelligent agents is expressed as software that can adapt to individual habits and try to assist users in routine computer tasks [1]. This technology requires using all methods such as artificial intelligence, natural language processing (NLP) and human-machine interface. In a study, Harmon classify the agents into three groups [2]. Harmon states that his classification is based on how the agents do, not what they do. These are end-user programmed (or simple) agents, knowledge-based systems (or smart) agents, and self-learning (or intelligent) agents. On the one hand, Russell and Norvig divides the factors into five classes according to their intelligence and ability levels [3]:

- *Simple Reflex Agents*
- *Model-based Reflex Agents*
- *Goal-based Agents*
- *Utility-based Agents*
- *Learning Agents*

In addition to serving as a cognitive tool, intelligent agents can also be designed (as a learning agent) to learn the user's behavior from the past behaviors of the users. Agents designed in this way can analyze the student's approach to a task, create a database of past activities, and suggest better strategies. One of the most comprehensive studies on intelligent agents supported by machine learning was published by Maes in 1997. Maes proposed a machine learning approach to develop the intelligent agent in the study [4]. In Maes' approach, the agent constantly improves its abilities over time. The agent is competent from four sources: (1) it realizes the behavior by tracking the user; (2) it provides feedback to the user directly or indirectly; (3) it can be trained with the examples provided by the user; (4) it may seek advice from the other agents who have helped others before for the same task.

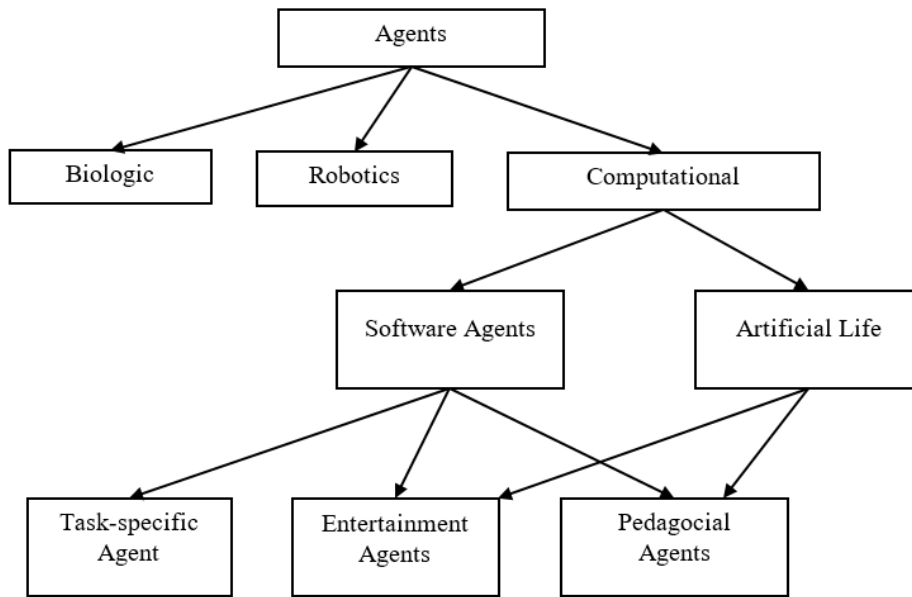
One of the first studies suggesting that intelligent learning agents can be used in education was carried out by Kearsley in 1993 [5]. According to Kearsley in that review, intelligent agents can serve successfully as coaches or consultants. Kearsley stated

that it is necessary to be able to create agents in a programming environment and students should be able to use them directly. In the approach, students will learn to command an agent and help the agent perform a complex task on its own. As Kearsley suggests, it offers a new paradigm based on the notion of intelligent agents, shared skills between humans and computers, and collaborative learning.

In the study published by Giraffa and Viccari in 1998 [6], it was stated that the agents used in intelligent learning environments (ILE) should be named pedagogical agents. Pedagogical agents are those that have a set of teaching goals and plans and the resources necessary to achieve these goals [6]. The same authors proposed a taxonomy classifying agents in another study and expressed the relationship of pedagogical agents with other agents in this taxonomy as seen in Figure 1 [7]. According to this taxonomy, pedagogical ones are both software-based and artificial intelligence.

## 2. Literature Review

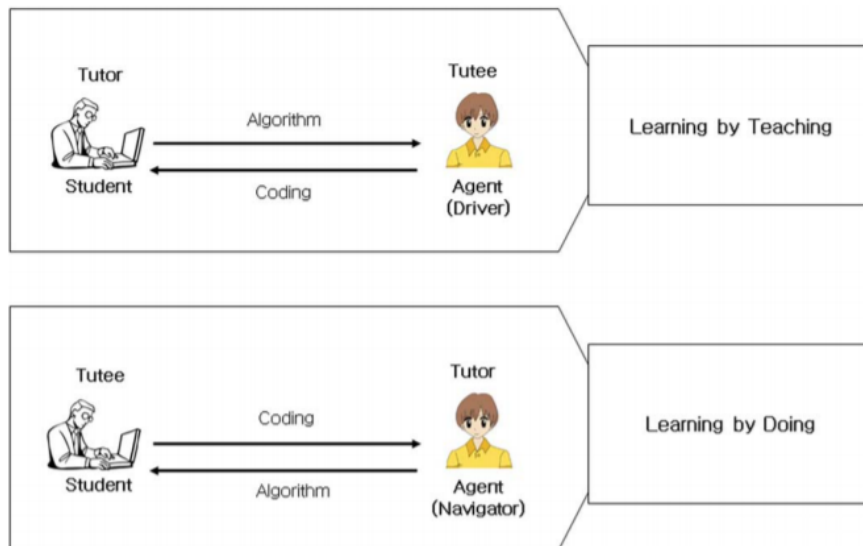
According to the studies of Chen et al. [8], pedagogical agents can be created in different ways such as animated factors or text-based agents. [8]. Animated pedagogical agents are often the focal point the interface and software. Text-based pedagogical agents can be positioned in a fixed area on the user interface. These can provide users with hints and guidance, or they can be in the form of a chat window. In that study, Chen et al. designed, implemented and measured the impact of CoLeMo, a collaborative learning environment for UML (Unified Modeling Language). In the aforementioned study, two types of pedagogical agents were designed to facilitate collaboration and improve learning. These were expressed as a domain agent and a facilitator agent. Both of them provide text-based recommendations based on students' activities. The domain agent knows the rules for UML diagramming and is responsible for making recommendations, thanks to its knowledge of the domain [8]. For example, if a student tries to execute an operation against the UML rules, the domain agent explains why this operation is illegal and what the correct action is. The facilitator is responsible for making recommendations to coordinate collaboration. This agent monitors activities of each student and the whole group and makes recommendations for organizing participation and collaboration [8].



**Figure 1.** Taxonomy of agents according to Giraffa and Viccari [7].

Han et al. developed a peer-learning-based software in programming education using pedagogical agents in their study published in 2010 [9]. This system mimics the roles of "teacher" and "learner" in a peer-learning method from pedagogical and technical perspectives. The peer-learning agent uses the Bayesian network and artificial intelligence methods as well as teaching and

learning methods. The role relationship between the peer-learning agent and the student is shown in Figure 2. This model, which combines peer-learning tools with a teaching and learning strategy, has been shown to be effective in having students gain programming skills [9].



**Figure 2.** The relationship between the peer-learning agent and student [9].

Pedagogical agents can also be formed as conversational agents. Such agents imitate people's communication methods and often chat with the student(s) through speech, text messages, facial expressions, gestures, or other body language actions [10]. Having trailing the historical roots of pedagogical agents, the mentioned study focused on creating an agent that is both knowledgeable and that develops a social relationship with the learner. Until now, many conversational agents have been

developed and they can successfully perform multiple pedagogical roles such as teacher, learning-peer or coach [11]. Furthermore, Walker et al. (2011) showed that having a speaker giving guiding directives/instructions during a peer activity can increase the conceptual depth of students' expressions [12].

Tegos et al. developed and used a prototype conversational agent system called MentorChat [13]. MentorChat is basically a



cloud-based computer-assisted collaborative learning system. This system also enables a teacher to structure and distribute some dialogue-based collaborative activities to students. The architecture of the system, whose user interface is shown in Figure 3, consists of three modules: student, teacher and speaker agents. The speaker agent of MentorChat uses an animated two-

dimensional avatar representation (Figure 3C) and uses a text-to-speech engine to deliver instructions to the student. The agent shows their notifications in a popup (Figure 3D) and not in the common chat area (Figure 3B). In this way, the attention of the students is drawn to the last message of the agent and they are provided to respond to this message.

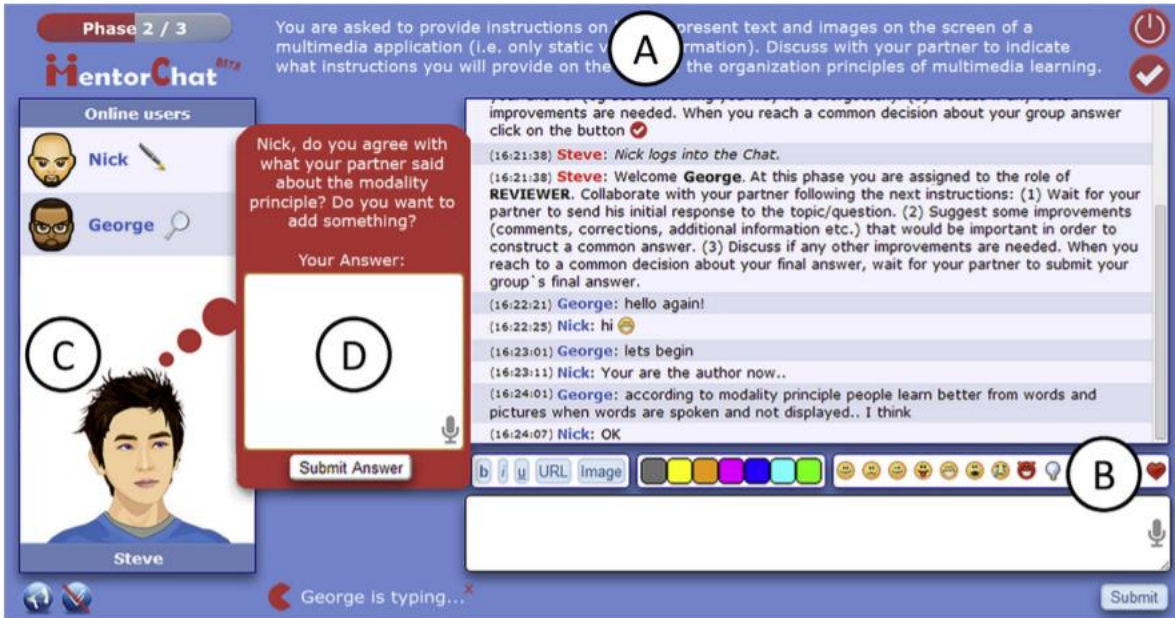


Figure 3. MentorChat user interface [13].

## 2.1. The use of chatbots in education

A chatbot is a computer program designed to simulate a chat with its users, usually over the Internet [14]. "Furthermore the analogy that a chatbot often treats a conversation like a game of tennis can be used to describe the conversation flow of a chatbot, i.e. get message, reply, get message, reply, and so on" (The Oxford Dictionary, 2018). Deryugina (2010) makes almost the same definition, but by adding the word "intelligent" before communication, it indicates the need for intelligent answers rather than just random answers. Chatbot is a general term for many other names such as Chatterbot, Conversational Agent, Intelligent Pedagogical Agent (IPA), and Conversational System and Pedagogical Tool.

Chatbots can be developed in many ways, but a popular and fairly simple way is to use Artificial Intelligence Markup Language (AIML) [14]. AIML, was built by Dr. Wallace and an open source community (Alice foundation) to work as the brainchild of the chatbot [15]. AIML is a derivative of XML and in this variant, AIML files as the knowledge base or brain of chatbots allow the person managing the chatbot to add information to the chatbot [14]. Chatbot A.L.I.C.E. was developed using AIML based on categories containing a stimulus or pattern, and a template in response. In this approach, the category patterns are then matched to find the most appropriate response to a user input.

Cleverbot was launched in 2008, and unlike other chatbots, its responses were not pre-programmed. Instead, an approach was adopted where a user would write a comment or question and learn directly from human input, where Cleverbot would find all keywords or an exact phrase matching the input [16].

Again, in a study published in 2008, it was reported that two chatbots (T-Bot and Q-Bot) were developed to teach and evaluate students. The authors have developed two AIML-based chatbots to assist students in the learning process and support teaching activities on an e-learning platform such as Claroline or Moodle. One of the chatbots plays the role of a teacher (T-bot) and communicates with the student in natural language to provide adequate and domain-specific answers to students and guide students to the correct course material. The other has the role of an evaluator (Q-bot) and can monitor and supervise the student through personalized questionnaires. Both chatbots have been developed as easily integrated modules for Claroline or Moodle [14].

A chatbot can be implemented as rule-based or artificial intelligence (AI) [6]. However, unlike rule-based chatbots, AI-based chatbots can become smarter and more scalable over time. Also, AI-based systems have recently become a popular choice for chatbot researchers. In this context, the recurrent neural network based sequence-to-sequence (Seq2Seq) model is reportedly one of the most researched models to implement the artificial intelligence chatbot and has shown great progress since its emergence in 2014 [17]. However, it is still open to progress and has not yet been widely implemented in educational chatbot development.

Chatbots used in education seem to promise to have a significant positive effect on learning achievement and student satisfaction [18]. For example, the University of Georgia has created a chatbot called "Jill Watson", based on IBM's Watson platform, developed specifically to process forum posts from students enrolled in a computer science course [18]. As a result of this, students were more interested in the lesson and stated that

they wanted them to have the same opportunity in other lessons [19].

Today, students have access to most of their information about courses and assignments online. Therefore, chat programs, such as NerdyBot [20], provide important support in learning processes [21]. NerdyBot is another educational chatbot available via Facebook Messenger that can perform school-related tasks such as solving math equations, drawing graphs, searching for definitions, and finding historical events [22]. The screenshot of NerdyBot is shown in Figure 4.

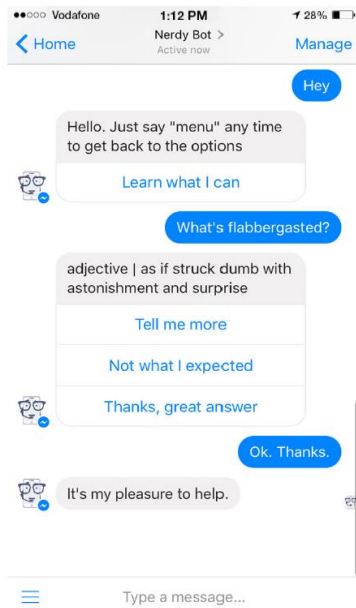


Figure 4. NerdyBot screenshot [20].

It is asserted in the study that such programs offer a communication medium where Generation Z are very familiar. These students tend to join virtual learning groups to chat with other students. Chatbot usage may make it possible reminders about exams to be sent, generative systems help to understand the curriculum. Continuing developments in NLP make it possible for systems to understand students' questions. These students are inclined to believe information from chatmates rather than search engines [22]. Therefore, the thesis that knowledge should be spread in an environment where students pass a lot of time can be defended.

### 3. Proposed Architecture

The system proposed in this study is designed with a three-layer architecture. Although the three-tier architecture is generally preferred in data-intensive applications, it has been adapted to the requirements of this study. The block diagram of the proposed three layers is shown in Figure 10.

These layers are:

- User Interface Layer:** The components in this layer are Editor and Chatbot.
- Middleware Layer:** The components in this layer are “Code Structure Checker”, “Code Error Manager”, “Learning Agent Subsystem”.
- Python Interpreter:** This layer consists of Python interpreter itself, which will run the code developed using the Editor.

It is planned to develop the designed Python editor as a desktop application. However, in addition to this, a Cloud Storage module is planned so that the student codes can be stored in the cloud environment, and a web-based administration panel (Dashboard) is planned so that the teacher can monitor the statistics and the analysis about student errors and also teacher can assign homework to the student via this panel.

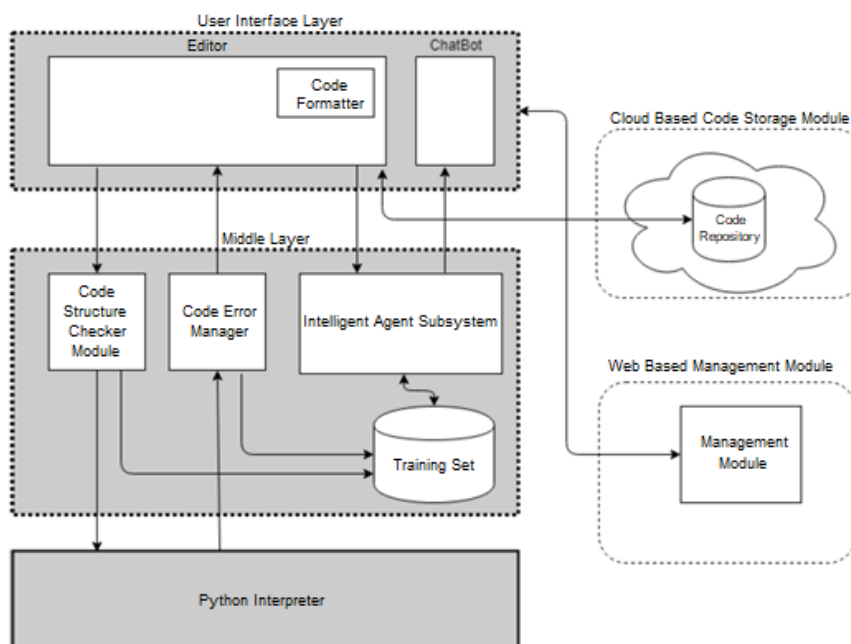


Figure 10. Block diagram of the proposed code editor.

### 3.1. User Interface Layer

An innovative design approach is planned while developing the coding editor interface. The sample GUI interface is given in Figure 11. The user interface is designed ergonomically so that junior programmers can learn it with minimum effort.

As can be seen in the figure, the editor screen has been designed to be as simple and uncomplicated as possible. Codelets enable some frequently used code-parts to be moved to the editor area by "drag-and-drop" are placed in the left section. Compiling, saving, debugging, etc. buttons are located at the top. The output of the written code is located just below the editor. The dialog/chatbot is docked on the right. In this part, the chatbot displays the dialog texts to the user and at the same time takes all the input from the user to the learning agent module which is located in the middle layer. The learning agent module is detailed

in the next section. *Chatbot*, is designed to be able to ask questions to the student in some cases, and the student can choose the answer from the list given to her/him, as seen in the Chatbot dock in Figure 11. The "code formatter" component is responsible for indentation and syntax highlighting in the editor.

The Natural Language Toolkit (NLTK) library is used to design chatbot backend. NLTK, is a suite of libraries and programs for symbolic and statistical natural language processing (NLP) written in the Python programming language. It was developed by Steven Bird and Edward Loper in the Department of Computer and Information Science at the University of Pennsylvania [23]. The aforementioned study is available to users on the GitHub platform as open source [24]. Python and QT Framework library, HTML and JavaScript technologies were preferred in order to be able to develop platform independent Desktop Editor.

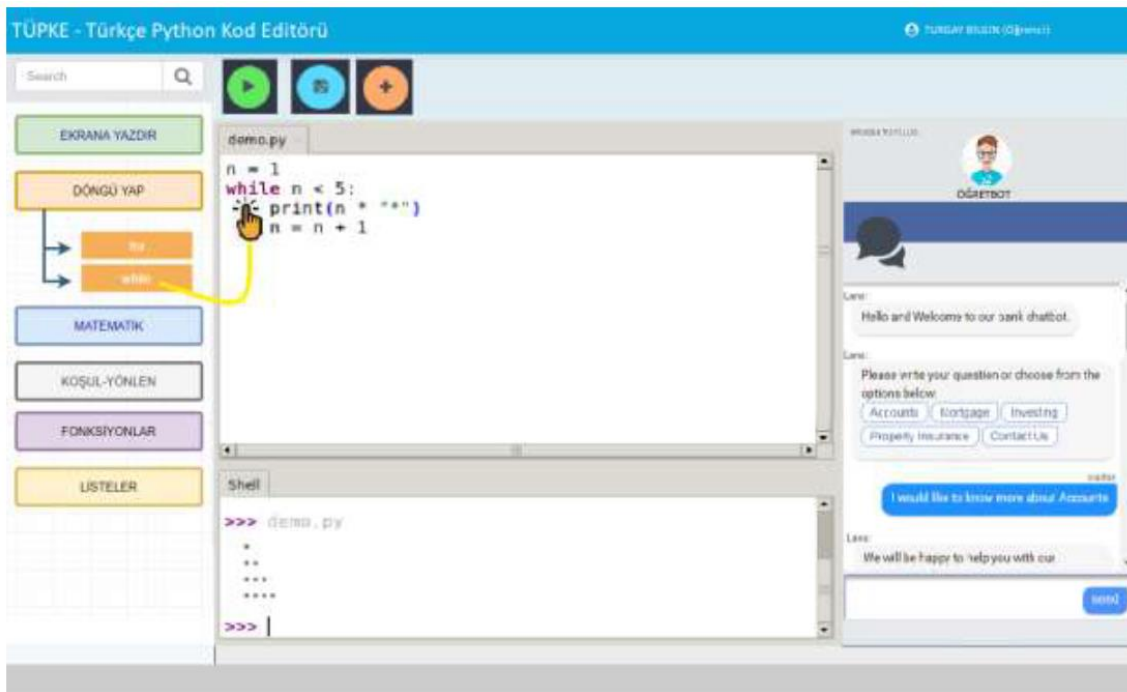


Figure 11. Proposed code editor GUI design.

### 3.2. Middle Layer

This layer consists of "Code structural control", "Code error manager" and "Intelligent Learning Agent Subsystem" units. "Code structural control" module checks the syntax of structures such as condition, loop, branching in the user's code and performs the task of checking compliance with code writing standards and formal analysis. Other libraries such as PyRight [25], Flake8 [26],

pyflakes [27], PyChecker [28] can also be used for code structural analysis. These tools are known as "static code analysis tools". They perform the formal analysis of the code written by the user without actually running it in the interpreter, and they can identify the syntax errors' position and the definition of the error more accurately than the default error messages of the Python compiler. For example, let's assume that a "test.py" python code is written as in Figure 12.

```
print("Hello World!")
```

Figure 12. Sample Python code

The 3.X version python compilers display "SyntaxError: unexpected EOF while parsing" error when this piece of code is run. There is an incorrect use of the "print" function in this piece of code due to the missing closing parenthesis. On the other hand,

static code analysis tools such as PyRight can detect such problems. Pyright is a fast type checker meant for large Python source bases. It is an open source project and mainly contributed

by Microsoft. A portion of the Python and PyRight output for this piece of code is given in Figure 13.

```
C:\>python test.py
File "test.py", line 2
      ^
SyntaxError: unexpected EOF while parsing

C:\>pyright test.py
Searching for source files
Found 1 source file
C:\test.py
  C:\test.py:1:21 - error: Expected ")"
1 error, 0 warnings, 0 infos
Completed in 0.626sec
```

Figure 13. Comparison of Python interpreter and PyRight outputs.

The error statement " test.py:1:21- error: Expected ")" ", which is taken from the PyRight output as shown in Figure 13, is sent to the Intelligent Learning Agent which is actually chatbot itself. Chatbot takes the position of error and the error definition, and generates a Conversational Dialog Tree in order to interact with the student. During the rendering of the English error texts, an offline lookup table based English-to-Turkish translator subsystem translates the error into the Turkish Language.



Figure 14. The example chatbot-student dialog tree.

Intelligent Agent subsystem generates Dialog Tree by using this information. A dialogue tree or conversation tree is a game mechanic used in many adventure games and role-playing video games. When interacting with a non-human character, the player is given a choice of what to say and makes subsequent choices until the conversation is over. An example computer generated dialog tree in Turkish Language is given in Figure 14. Format or syntax errors caught by "Code structural control" and "Code error manager" and violations of python coding standards are stored as relational database in the "training set" database. Thus, a knowledge base is generated for the learning agent.

Intelligent Learning subsystem tracks the user's error event sequences. Figure 15 shows an example error event sequence. In the example sequence, the student wants to print "Hello" on the screen. Since he does not know the use of the "print" function, he cannot achieve this task.



```
>>> print merhaba
SyntaxError: Missing parentheses in call to 'print'. Did you mean print(merhaba)
?
>>> print(merhaba)
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#1>", line 1, in <module>
    print(merhaba)
NameError: name 'merhaba' is not defined
>>> print("merhaba)

SyntaxError: EOL while scanning string literal
>>> print(merhaba")

SyntaxError: EOL while scanning string literal
>>> print"merhaba)

SyntaxError: EOL while scanning string literal
>>> |
```

Figure 15. The sample error event sequence.

In our proposed model, the first task is to generate “key:value” pairs database. The “key” is the code fragment that consists of syntax errors and the “value” are the “syntax error” messages generated by the python interpreter or python code linter. Then, any further syntax errors that may be occur due to

the user modifications are also stored in the same format. Sequential patterns are generated by putting all the syntax errors in the form of a sequential list. These patterns are also recorded in the "training set" database.

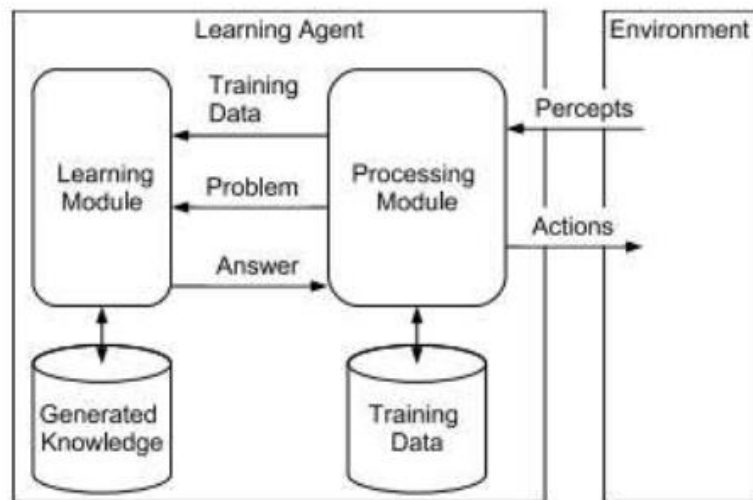


Figure 16. Proposed architectural block diagram for learning factor [29].

"Learning Intelligent Agent Subsystem", the architecture proposed by Śnieżyński and Bartłomiej in 2008 for "Learning Agents" [29] was modified and adopted to our proposed model. The block diagram of the architecture is given in Figure 16. The learning agent consists of four modules:

1. Processing Module: It is responsible for basic agent activities such as storing training data, executing the learning process, using the learned information, percept environment, and creating action.
2. Learning Module: It is responsible for executing the learning algorithm and answering the questions of the "Processing Module" regarding the use of the learned knowledge.

3. Training Data: It is the repository where the samples used for learning are stored.
4. Generated Knowledge: It is the repository where learned information is stored.

In the proposed architecture, the components interact with each other as follows: The Processing Module performs sensing from the environment. This module can process the necessary information and take action for the situation it detects. Information that can be obtained by learning may be required when performing the procedure. In this case, this module formulates a problem and sends it to the Learning Module. The learning module, on the other hand, creates an answer for the

problem using the generated information and sends it to the processing Module. The Processing Module also decides what data will be stored in the Training Data repository. It also calls the Learning Module to execute the learning algorithm to generate new knowledge periodically as needed or when the Training Data contains new samples. The learned information is stored in the "Generated Knowledge" base.

The Learning Module has four important components: Learning Algorithm, Training Data, Problem and Answer. The characteristics of the training data, problem and answer formats are designed depending on the learning algorithm used in the learning module. We planned to use the sci-kit learn [30] Python library in the development of the learning module. File-based databases (SQLite, JSON or XML) were preferred as the Knowledge Base and Training Set.

In the Learning Module, it is planned to use decision tree algorithms together with sequential pattern mining and deep learning, as well as other supervised learning methods. The knowledge obtained by learning is stored in the "Generated Knowledge" database. The learning agent will use this knowledge to notify the student of the code error and display the necessary steps for the student to correct the error. In addition to these, it also suggests possible corrections to the student. Students often find it difficult to understand the cause of errors, as the notifications from the Python interpreter are in English and not informative enough for beginners. Thanks to the proposed model, the student will be informed in Turkish and will be able to understand the reason for this error and will not waste time on trial and error to fix the code. Therefore, the learning process will be shortened and facilitated.

When the proposed Python code editor is first installed on the user's computer, the learning agent's Training dataset will contain data from some of the basic syntax errors that students often make. The learning agent training dataset will grow as the student uses the Python editor. In addition, if there is not enough data in the training dataset for the learning agent to make a decision, the training set can be updated over the Internet. The training dataset is planned to be kept in the cloud storage environment of the Code Storage module.

### 3.3. Python Interpreter Layer

The Python interpreter is available from the Python Software Foundation (PSF) website. As support for Python 2.X series interpreters may end in the near future, only Python 3.X series interpreters are planned to be supported in the proposed editor.

Cloud Based Code Storage Module consists of a web based code storage system and authorization system like "github". This module communicates with the code editor designed as a desktop application via web services. Thanks to this module, users will be able to store their projects written in the Python editor in the cloud and transfer them back to the editor when they need it. The Web Based Management Module gains functionality when the editor is used in schools and educational institutions. With this, teachers will be able to see the student's mistakes, observe the most common mistakes, get statistical information and reports for all students in the class, and also assign homework to students.

## 4. Results and Discussion

In this study, firstly, a detailed research on interactive guidance studies with intelligent agents is presented. Then, it introduces a concept for designing a dialog-based Turkish Python code editor that can analyze user errors. It is aimed to develop an open source Turkish supported integrated development environment (IDE) for the open source Python programming language. One of the most important innovative features of the study is that the code editor has an intelligent learning system that will analyze the errors of the users and provide guidance to the user. The design also has dialog based agent. The integrated development environment (IDE) outlined in this study is actually a complex system that brings together structures such as machine learning, intelligent agents, dialog-based agents, and chatbots. In this proposed system, users' coding styles, syntax errors and the loops and decision-making structures they use are analyzed by machine learning methods. According to the results obtained, users are guided by the dialog-based agent and the chatbot. In this way, users, especially beginners, can be given basic error-free coding practice without an instructor. The coding editor can be used as a stand-alone desktop software, or it will have the ability to store python source codes in the cloud. The ability to receive assignments assigned to the user by the trainer/teacher in the cloud environment and to send the students' solutions back to the teacher has also been designed. It will also enable error profile analysis of each user. In this way, it is planned to see to what extent the learning has been achieved and in which subjects the students have deficiencies.

## Acknowledgement

This Project is supported by TUBITAK 1003 Prioritized Areas R&D Grant Program, Project No: 118E882

## References

- [1] Roesler, Marina, and Donald T. Hawkins. "Intelligent Agents: Software Servants for an Electronic Information World (And More!)." *Online* 18.4 (1994).
- [2] Harmon, Paul. (Ed) (1995). Software agents. Intelligent software strategies, 11(1), 1-13. (January, 1995.)
- [3] Russell, S. J. "Norvig (2003)." *Artificial intelligence: a modern approach* (2003): 25-26.
- [4] Maes, Pattie. "Agents that reduce work and information overload." *Readings in Human-Computer Interaction*. 1995. 811-821.
- [5] Kearsley, Greg. "Intelligent agents and instructional systems: Implications of a new paradigm." *Journal of Interactive Learning Research* 4.4 (1993): 295.
- [6] Giraffa, Lucia Maria Martins, and Rosa Maria Viccari. "The use of agents techniques on intelligent tutoring systems." *Computer Science, 1998. SCCC'98. XVIII International Conference of the Chilean Society of. IEEE*, 1998.
- [7] Giraffa, L. M. M., M. A. Nunes, and R. M. Viccari. "Multi-Ecological: an Intelligent Learning Environment using Multi-Agent architecture. MASTA'97: Multi-Agent System: Theory and Applications." *Proceedings... Coimbra: DE-Universidade de Coimbra* (1997).
- [8] Chen, Weiqin, Roger Heggernes Pedersen, and Øystein Pettersen. "CoLeMo: A collaborative learning environment for UML modelling." *Interactive Learning Environments* 14.3 (2006): 233-249.

- [9] Han, Keun-Woo, EunKyoung Lee, and YoungJun Lee. "The impact of a peer-learning agent based on pair programming in a programming course." *IEEE Transactions on Education* 53.2 (2010): 318-327.
- [10] Gulz, Agneta, et al. "Building a social conversational pedagogical agent: Design challenges and methodological approaches." *Conversational agents and natural language interaction: Techniques and effective practices*. IGI Global, 2011. 128-155.
- [11] Haake, Magnus, and Agneta Gulz. "A look at the roles of look & roles in embodied pedagogical agents—a user preference perspective." *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 19.1 (2009): 39-71.
- [12] Walker, Erin, Nikol Rummel, and Kenneth R. Koedinger. "Designing automated adaptive support to improve student helping behaviors in a peer tutoring activity." *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 6.2 (2011): 279-306.
- [13] Tegos, Stergios, Stavros Demetriadis, and Anastasios Karakostas. "Promoting academically productive talk with conversational agent interventions in collaborative learning settings." *Computers & Education* 87 (2015): 309-325.
- [14] Roos, S. (2018). Chatbots in education: A passing trend or a valuable pedagogical tool?. Msc Thesis, Uppsala University.
- [15] (2018). Artificial Intelligence Markup Language (AIML). <https://pandorabots.com/docs/aiml/aimlbasics.html>. [Online; accessed 2018-05-15].
- [16] Gehl, R. W. 2014. Teaching to the Turing Test with Cleverbot. *Transformations: The Journal of Inclusive Scholarship and Pedagogy*, 24(1-2): 56–66.
- [17] Palasundram, K., Sharef, N. M., Nasharuddin, N., Kasmiran, K., & Azman, A. (2019). Sequence to sequence model performance for education chatbot. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(24), 56-68.
- [18] Goel, A., Creeden, B., Kumble, M., Salunke, S., Shetty, A., & Wiltgen, B. (2015, September). Using watson for enhancing human-computer co-creativity. In *2015 AAAI fall symposium series*.
- [19] Lip ko, H. Meet Jill Watson: Georgia Tech's first AI teaching assistant; <https://pe.gatech.edu/blog/meet-jill-watson-georgia-techs-first-ai-teaching-assistant>, 5 Jan 2018, 05 Jan 2018.
- [20] <https://gonerdify.com/nerdybot> (Access Date: 20.09.2021)
- [21] Molnár, G., & Szüts, Z. (2018, September). The role of chatbots in formal education. In *2018 IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)* (pp. 000197-000202). IEEE.
- [22] Singh, J., Joesph, M. H., & Jabbar, K. B. A. (2019, May). Rule-based chabot for student enquiries. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1228, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- [23] Bird, Steven. "NLTK: the natural language toolkit." *Proceedings of the COLING/ACL 2006 Interactive Presentation Sessions*. 2006.
- [24] <https://www.nltk.org/> (Access Date: 20.09.2021)
- [25] <https://github.com/microsoft/pyright> (Access Date: 20.09.2021)
- [26] <http://flake8.pycqa.org/en/latest/> (Access Date: 20.09.2021)
- [27] <https://pypi.org/project/pyflakes/> (Access Date: 20.09.2021)
- [28] <http://pychecker.sourceforge.net/> (Access Date: 20.09.2021)
- [29] Śnieżyński, Bartłomiej. "An architecture for learning agents." *International Conference on Computational Science*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [30] <https://scikit-learn.org/stable/> (Access Date: 20.09.2021)



# Covid19 Sürecinde Çevrimiçi Eğitim Hakkındaki Toplum Görüşlerinin İncelenmesi: Sentiment Analizi

Cansu Çiğdem EKİN

\*Atılım Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, cansu.aydin@atilim.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-4838-9708>

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035267)

**ATIF/REFERENCE:** Ekin, C. Ç. (2021). Examining Public Opinion Regarding Online Learning during Covid19 Outbreak: Sentiment Analysis. *European Journal of Science and Technology*, (29), 425-431.

## Öz

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) Mart 2020'de Covid19 salgını ilan etmesiyle başlayan pandemi süreci, pek çok sektörü olduğu gibi eğitim sektörünü de benzeri görülmemiş bir şekilde etkiledi. Covid19 nedeniyle yaşanan karantina döneminde insanlar duygularını ifade etmek ve kendilerini sakinleştirmenin bir yolunu bulmak için sosyal ağları her zamankinden daha fazla kullandılar. Günümüzde sosyal medya platformları insanların günlük yaşamları için ve politika gündemini belirlemede büyük önem taşımaktadır (Wu ve diğerleri, 2013). Özellikle pandemi dönemi ile birlikte çevrimiçi öğrenmenin artan yaygınlığı ve çevrimiçi öğrenme ile ilgili düzenli olarak sosyal medyada yer alan çok sayıda haber dikkate alındığında, Covid19 Salgını sırasında halkın çevrimiçi eğitime ilişkin görüşlerini öğrenmek için sosyal medya veri kaynaklarını kullanarak duygu analizi yöntemi kullanılmıştır. Veri kaynağı olarak Twitter seçilmiş ve Tweepy kütüphanesi kullanılarak metin madenciliği yapılmıştır. Koronavirüs ve uzaktan eğitimle ilgili gerekli hashtag'ler kullanılarak yalnızca İngilizce tweet'ler veri setinde yer almıştır. Toplanan veriler 03-05-2021 ile 31-05-2021 tarihleri arasındaki 5 haftaya aittir. Duygu analizi sonuçları ile toplumun çevrimiçi öğrenme konusundaki memnuniyetsizliği, beğenisi ve kaygıları yönetim tarafından hızlı bir şekilde öğrenilebilmesi ve eğitim ve öğretim hizmetlerinin kalitesinin artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilmesi mümkündür. Bu çalışmada, yapılan duygu analizi sonuçları paylaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** covid-19, duygu analizi, çevrimiçi eğitim, sentiment analizi

## Examining Public Opinion Regarding Online Learning during Covid19 Outbreak: Sentiment Analysis

### Abstract

The pandemic process, which started with the World Health Organization (WHO) declaring a Covid19 epidemic in March 2020, has affected the education sector in an unprecedented way, as it has many other sectors (World Health Organization, 2020). During the quarantine period due to Covid19, people have used social networks more than ever to express their feelings and find a way to calm themselves. Today, social media platforms are of great importance for their daily lives and in setting policy agenda (Wu et al, 2013). Considering the increasing prevalence of online learning and a large number of items that regularly appear about online learning on social media, especially with the pandemic period, sentiment analysis was used as a method to learn the opinions of the public on online education during Covid19 Outbreak. Twitter has been chosen as a data source and text mining has been conducted using Tweepy library. Only English tweets were mined using necessary hashtags related to coronavirus and distance learning. The collected data is 5 weeks from 03-05-2021 to 31-05-2021. With the results of sentiment analysis, it is possible to quickly learn the dissatisfaction, appreciation and concerns of the society about online learning by the management and to develop strategies to increase the quality of education and training services. In this study, the results of the sentiment analysis are provided.

**Keywords:** covid-19; sentiment analysis; online learning; emotion analysis



## 1. Introduction

At the end of 2019, a deadly virus started to terrorize the whole world and forced countries to lockdown. This virus was later defined by the WHO (World Health Organization) as COVID-19. This new infectious disease spreads so quickly. As of today, confirmed coronavirus cases have reached 219 million with more than 4.5 million deaths. Governments across the world have applied interventions such as face masks, contact tracking, social distancing and quarantine in order to reduce the transmission of COVID-19. Education is one of the elements that suffered from this global pandemic. Especially during the quarantine period, almost all of the educational institutions were able to continue their learning and teaching activities by using online education platforms.

Today, social media platforms are of great importance for their daily lives and in setting policy agenda (Wu et al., 2013). Many individuals and media organizations take social media to express their opinions and feelings about a specific topic (Medhat et al., 2014). Considering the increasing prevalence of online learning and a large number of items that regularly appear about online learning on social media, especially with the pandemic period, sentiment analysis was used as a method to learn the opinions of the public on online education during the pandemic process. Using sentiment analysis on social media like Twitter has proven to provide supportive information for decision making and useful tools for measuring public perception (Chamlertwat, 2012).

Sentiment analysis can be used to detect patterns in an unstructured text domain such as tweets. Sentiment Analysis (Opining mining) is a text mining method. It uses a natural language processing technique to define the polarity in texts as negative, positive or neutral toward the subject (Nasukawa and Yi, 2003) or feelings and emotions (angry, happy, sad, etc) of the sentiments (Medhat et al., 2014).

In the literature, many research have used semantic analysis in Covid19. For example, Manguri and his colleagues (2020) has been conducted an analysis to determine the reactions of people about the coronavirus vaccine. They analyzed 500,000 tweets between April 4 and April 15 in 2020. As a result of the research, it shows that 50% of the tweets are neutral about the coronavirus, 36% are positive tweets and 14% are negative.

Dubey (2020) used also sentiment analysis in his research. He examined the subjectivity and polarity of the tweets across various countries. He analysed how the citizens of different countries are dealing with the situation. This analysis has covered 12 countries mainly in Europe and makes a comparison of sentiment between countries. It has included tweeter data between 11-03-2021 and 31-03-2021. As a result of this research, four states especially from the Europe tweeted more than 50% negative and angry, while other countries tweeted more than 50% positive.

In the sentiment analysis made by Drias and his colleague (2020), a data set of 653,996 tweets was used between 23-02-2020 and 03-03-2020. The most frequent patterns were extracted with the aim to grasp social features about the tweets. As a result of this research, negative tweets are more than the positive tweets. And negative tweets contain mostly fear as emotion.

In another sentiment analysis [7], the goal was to analyse tweets containing Canadian-specific social distancing. The tweets

included 40% neutral and 35% negative emotions. There are 629 tweets expressing positive emotions to the social format.

In the literature, it is seen that all sentiment analysis studies related to Covid 19 generally reflect the views of the public on covid19. No study is specific to the public's opinions on e-learning during the covid19 outbreak. This study aimed to analyse and understand public opinion around the use and effectiveness of e-learning, as reported in social media from 3 May 2021 to 31 May 2021. This study presents a unique approach to understand public perceptions about online learning during the pandemic.

## 2. Methodology

### Research Design

To analyse the people's opinions, sentiment analysis was conducted in three steps. The first step involved the collection of data from tweeter. Second, the collected data were refined for applying the sentiment analysis. Finally, the refined data were analysed with the three different sentiment analysis techniques which gives information about the polarity, subjectivity and emotion of the tweets. The two most important metrics of sentiment analysis can be defined as polarity and subjectivity. Polarity is a parameter that shows a person's emotional intensity or strength. The relevant behaviour analysis is made from the text that the person has created. On the other hand, with the subjectivity metric, information can be obtained about a person's view on a certain subject. For the polarity analysis, Logistic Regression machine learning model was used with a train dataset which has tweets and their correct polarities. This model returns 1 or 0 only. 1 means positive polarity and 0 means negative polarity. On the other hand, for subjectivity analysis, TextBlob was employed (<http://textblob.readthedocs.org/en/dev/>) (accessed on 16 August 2021), a framework developed by Loria (Loria, 2018) which has been widely used by the researchers (Onyenwe et al., 2020; Yaqub, 2018) to conduct SA. Subjectivity classifies a text as a fact or opinion. It is an open-source python library which is mostly used for the analysis of textual data. It returns three values (ranges between 0 and +1) here 0 indicates very objective, and +1 indicates very subjective (Yaqub et al., 2018). In order to show emotion in tweets, Logistic regression was used as an emotion classifier. From the experimental results in the literature, it is observed that Logistic Regression has better accuracy compared to the other classifiers (Altawaier & Tiun, 2016). Logistic Regression receives data from the ISEAR(International Survey on Emotion Antecedents and Reactions) emotion dataset, and then emotion classification is performed by applying Logistic Regression classifier. Emotion analysis is similar to polarity analysis because it also uses Logistic Regression machine learning algorithm but uses a different train dataset with texts and their correct emotions in next column such as "anger".

### Dataset

Twitter data set was used in this study because it contains a considerable number of personal thoughts with public access (Pak & Paroubek, 2010). It is valuable source to know people's opinions and sentiments towards a variety of topic (Persada et al., 2020). For this study, 33.722 tweets was collected related to online education. In order to extract data from Twitter, Tweepy's python library and the official API which Twitter provided have

been used. Tweepy library allows developers to find and gather tweets using some keywords or hashtags and lets developers filter them by date. Since this study is about education and elearning during COVID-19 lockdowns, hashtags such as #covid, #covid19, #distancelearning, #elearning and #education have been used in the data search. Twitter used to allow developers to get datas from years ago but they updated their privacy policies and only a week old data is available. For this reason, related data was retrieved weekly starting from 03-05-2021 to 31-05-2021. (See Table 1)

Table 1. Twitter Data about Covid19 during Five Week

DATE	# of tweets for covid19 AND distancelearning keyword	# of tweets for covid AND education keyword	# of tweets for covid AND elearning keyword	Subtotal Tweets
03.05.2021	49	456	145	650
10.05.2021	47	7560	103	7710
17.05.2021	40	8789	124	8953
24.05.2021	40	11749	111	11900
31.05.2021	17	4369	123	4509
<b>Total Tweets</b>				<b>33722</b>

### Pre-processing Data

Data pre-processing is a crucial step for sentiment analysis this is to increase accuracy and to reduce error in the data (Nhlabano & Lutu, 2018; Krouska, et all, 2016; Pecar et all, 2018). It involves four steps which are cleaning, normalization, tokenization, and stop word removal. Lots of tweets have unnecessary words, punctuations and writing mistakes. These affect the accuracy of machine learning models and the results of the study as well.

The pre-processing step was started with cleaning step by removing duplicated tweets, unrelated links, URLs, advertisements, and news from the dataset using regular expression. Then, normalization step was applied to the dataset to convert all text to the lower-case characters, eliminating punctuations, converting numbers to words (see Figure 1). In this step of pre-processing, a function named “decontracted” has been created. This function takes each tweet and replaces the shortened negative words with longer versions. As an example, if a tweet with the word “won’t” enters this function, it will be returned as “will not”.

After those previous steps, tokenization step has been applied. Tokenization is splitting each word in a text into smaller units called tokens. After tokenization process, English stop words were removed since they have no importance for our model using this variable. Also, during tokenization process, numbers have been removed from data set as well since they don’t affect the polarity. Finally the stemming process has started. Stem is the part of a word which is stripped from its affixes, also called lemma. NLTK’s Snowball Stemmer algorithm has been used for this process which is the best stemmer algorithm when compared to others (Bounabi et al, 2019)

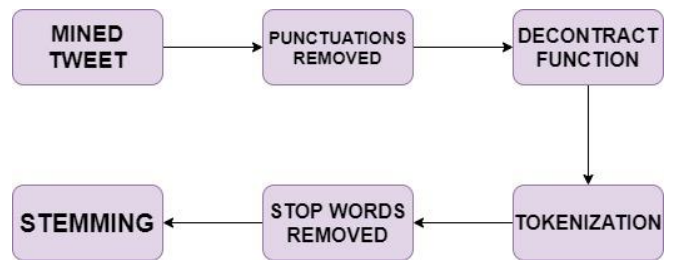


Figure 1. Pre-processing Steps

### Polarity Analysis with Logistic Regression

The machine learning part of the algorithm has been handled with the help of Scikit-Learn library. This library offers efficient tools for predictive data analysis.

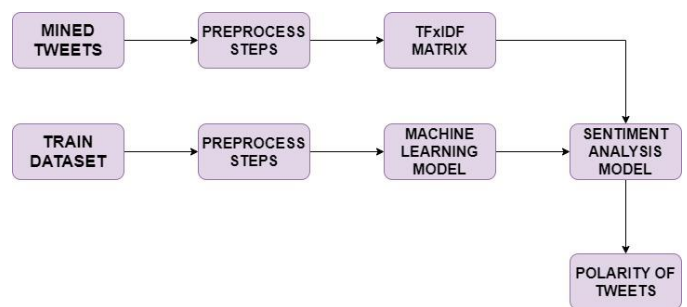


Figure 2. Sentiment Model

In order to make a sentiment analysis program, a prediction model is needed. To create this model, a sample train dataset is

needed. 18,000 tweets were downloaded with correct polarities next to them. Many other train datasets were tested and took the one that gives the highest logistic regression model accuracy rate. After testing the accuracy of the model by using "accuracy\_score()" function of Scikit-Learn library, the value 88.36% has been found. This accuracy was found high enough to keep the train dataset.

Same preprocessing steps have been applied the train dataset and then sent to the prediction model for training and testing. TFxIDF function has been created to get scores for each different word according to their frequency using TfidfVectorizer function. Preprocessed mined twitter dataset was sent to the TFxIDF function. The frequency scores for each word has been returned. These transformed tweets has been sent to prediction model function. If the prediction model returns 1, the polarity is positive, otherwise it is negative.

### 3. Results

#### Results of the Sentiment Analysis with Logistic Regression

In this study, Figure 3 demonstrates sentiment polarity over Twitter for 5 consecutive weeks starting in 5th May 2021. In the total number of collected tweets, it can be seen that negative tweets are twice the amount of positive tweets. In 33,723 tweets, 11,784 are positive while 21,939 are negative (See Figure 3). Overall, more than 35% of people published optimistic views, while only around 65% of the tweets were negative. This result isn't surprising when we consider that Covid-19 is a deadly virus and distance education isn't as efficient as face to face education.

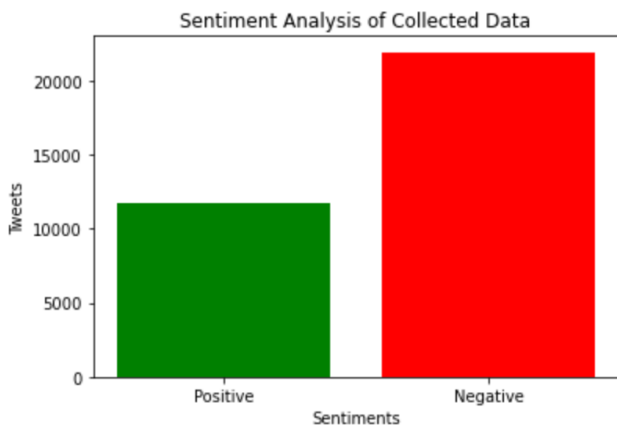


Figure 3. Sentiment Polarity

These tweets are also divided into dates (See Figure 4). The data collection program has been executed every 7 days for 5 weeks. In first week of May (03.05.21), 651 total tweets have been fetched. 33% of people (216 tweets) are positive while 67% (435) are negative. Last week of the figures (31.05.2021), shows 37% of tweets positive and 43% of it were negative. The figures of different weeks are relatively similar. Therefore, there is no significant sharp fluctuation in the weeks. Finally, including a large quantity of negative tweets indicates that most of the corpus were facts rather than opinion. Therefore, the next part focuses on subjectivity of the data in detail.

#### Subjectivity Analysis with TextBlob

In means of the perspective of tweeters, there are subjective, objective and neutral viewpoints. Subjective means that the tweet contains lots of personal opinions of the person who posted it. Objective means that the tweet contains only factual data and no personal opinions nor comments. Neutral means that tweet might include both equally or neither. According to the TextBlob algorithm, 53.6% of the tweets were categorized as objective tweets and only 15.9% were categorized as subjective tweets. These results mean that the twitter users in the dataset mostly shared factual tweets about Covid-19 and distance education.

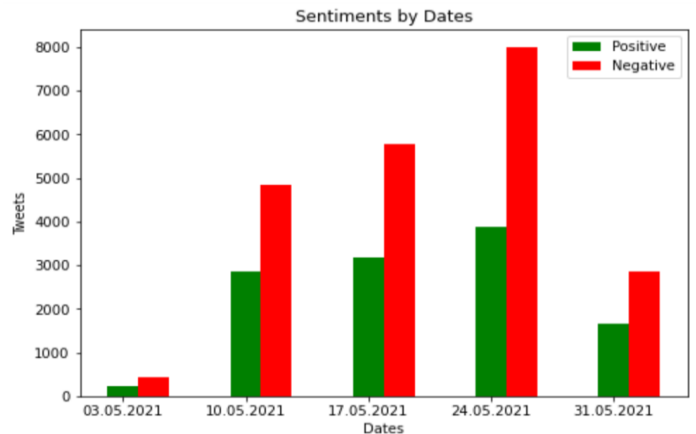


Figure 4. Sentiments by Dates

Table 2. Subjectivity Table

SUBJECTIVITY	TWEETS
Subjective	5376
Neutral	10278
Objective	18069

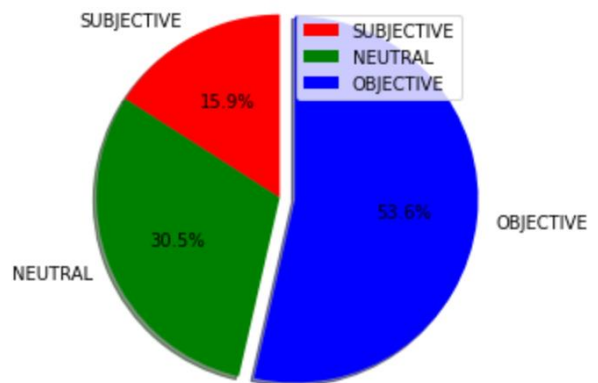


Figure 5. Pie Chart of Subjectivity

#### Emotion Analysis with Logistic Regression

In the Emotion Analysis with Logistic Regression part, a training dataset was used. Logistic Regression model was trained with this dataset containing 9 basic emotions (sadness, fear, joy,

anger, surprise, neutral, love, disgust, shame) tagged to sentences. The aim was to be able to see, check what people feel about e-learning during Covid-19 pandemic process and if we were able to predict their emotions by their tweets. Our Logistic Regression Model performed much better than other classifiers with a score of %72.95. Analysis included two steps which were Cleaning & Balancing Data and Training Model.

**Step 1 – Cleaning & Balancing Data**

At first, training dataset were over fitting with a certain emotion, which created unwanted results, to prevent this more data was added to other emotions while removing some from the over fitted one. After mostly balanced dataset were acquired, it was started to clean it from its noise (stop words, symbols, repeating words) with NeatText NLP library.

**Step 2 – Training Model**

It is created a Data Pipeline with ScikitLearn Library, which first creates a matrix of token counts and later fit them to Logistic Regression Model.

**Results of the Emotion Analysis with Logistic Regression**

The purpose of emotion analysis is to identify the emotional state of public about eLearning during pandemic. As shown in the Figure 6, the majority of the reactions, nearly 26%, toward this health problem were anger.

Table 3. Number of Emotions

EMOTIONS	TWEETS	%
Anger	8775	26.02
Fear	8265	24.51
Neutral	5293	15.70
Joy	4006	11.88
Sadness	3947	11.70
Surprise	2505	7.43
Disgust	888	2.63
Love	36	0.11
Shame	7	0.02

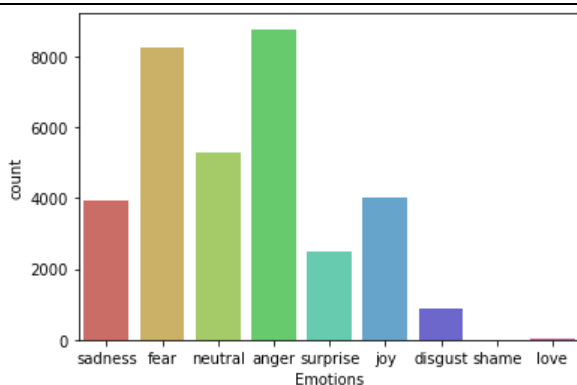


Figure 6 Graph of Emotions

Here, it can be seen the “Anger” emotion has the most tweet count followed by “Fear” and the “Shame” emotion has the least. These results are not surprising at all. It is so natural for people to feel anger and fear against this deadly virus and how it affects the education. This model has 2.95% accuracy rating while TextBlob has only 56%.

Here are some sentences gathered from Twitter and categorized by our machine learning model.

**Anger:**

“Teachers don’t get paid enough; not all our schools have adequate ventilation; and in the midst of an ongoing pandemic we cut funding for so we cannot offer any either”

**Sadness:**

“Covid-19 means that the many children living in conflict right now are doubly at risk of missing out on an education will you support to help all kids”

**Joy:**

“As state universities plan to return to 'pre-covid operations' Florida State University eliminates mask requirement indoors”

**Neutral:**

“Expert says vaccinating children for covid-19 key for schools this fall”

**Disgust:**

“its not acceptable that we have a two-tier education system where white kids go to school in person disproportionately and students of colour disproportionately go to school online”

**Fear:**

“covid brought in additional problems not replaced the existing ones one such is child labour witnesses million child labourers worldwide”

**4. Discussion and Conclusion**

In this article, it was tried to understand the public opinions towards online learning on Twitter during the pandemic process by using Logistic regression with the TextBlob algorithm. The architecture and method used in this article are generic and can be easily adapted and extended to other fields (for example, same method can be used to analyse sentiment for a brand, product or situation using another social media environment). When the results were examined, most tweets have negative opinions about online education during Covid19 outbreak. Number of people who are not happy with online learning is almost twice the size of people who are happy with it. It can be seen that many countries are not prepared to carry education online during the rapidly developing pandemic process. This study shows that current online education environment isn’t enough and it should be improved in order to make people more satisfied and happier. This result is consistent with many research (Nartiningrum & Nugroho, 2020; Asare, 2020; Chakraborty, 2021) where they highlighted the challenges of online learning during pandemic.



Online education, which has become more widespread with the covid19 process, will change according to public opinions and will take its real form over time, which will enable it to be more effective and efficient. It can be seen from many studies that show how effective the social media on the public, interest group leaders, policy makers, and policy is (Protes & McCombs, 2016; Feezell, 2018). Online media will play a critical role not only in identifying problems, but also in triggering positive changes that will help the adoption of online learning in the international domain.

## 5. Limitations and Recommendations

In this study, a small 5-week dataset was used due to various limitations of the twitter platform and leaving out other social media platforms such as Facebook, Instagram, and YouTube. However, as the pandemic continues, different feelings may arise as people become more experienced in using online learning in more diverse, innovative and more diverse ways. This type of analysis will help with improvements to deployed systems and better dissemination of online learning. Therefore, it is planned to validate the relevant approach on larger datasets in future studies.

## 6. Acknowledgements

Finally, I would like to thank Zeynel Cumhur MURAT, Bartu SIVACI, Barlas Orkun TUNA and Sena SARIBAĞ, who gave me the opportunity to complete this work.

## 7. References

Altawaier, M. M., & Tiun, S. (2016). Comparison of machine learning approaches on arabic twitter sentiment analysis. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(6), 1067-1073.

Asare, A. O., Yap, R., Truong, N., & Sarpong, E. O. (2020). The pandemic semesters: Examining public opinion regarding online learning amidst COVID-19. *Journal of Computer Assisted Learning*.

Bounabi, M., Moutaouakil, K. E., & Satori, K. (2019). A comparison of text classification methods using different stemming techniques. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 60(4), 298-306.

Chakraborty, P., Mittal, P., Gupta, M. S., Yadav, S., & Arora, A. (2021). Opinion of students on online education during the COVID-19 pandemic. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 3(3), 357-365.

Charles-Smith, L. E., Reynolds, T. L., Cameron, M. A., Conway, M., Lau, E. H., Olsen, J. M., & Corley, C. D. (2015). Using social media for actionable disease surveillance and outbreak management: a systematic literature review. *PloS one*, 10(10), e0139701.

Chamlertwat, W., Bhattarakosol, P., Rungkasiri, T., & Haruechaiyasak, C. (2012). Discovering Consumer Insight from Twitter via Sentiment Analysis. *J. Univers. Comput. Sci.*, 18(8), 973-992.

Drias, H. H., & Drias, Y. (2020). Mining Twitter Data on COVID-19 for Sentiment analysis and frequent patterns Discovery. medRxiv.

Dubey, "Twitter Sentiment Analysis during COVID-19 Outbreak", 2020.

Ginsberg, J., Mohebbi, M. H., Patel, R. S., Brammer, L., Smolinski, M. S., & Brilliant, L. (2009). Detecting influenza epidemics using search engine query data. *Nature*, 457(7232), 1012-1014.

Feezell, J. T. (2018). Agenda setting through social media: The importance of incidental news exposure and social filtering in the digital era. *Political Research Quarterly*, 71(2), 482-494.

Krouska, A., Troussas, C., & Virvou, M. (2016, July). The effect of preprocessing techniques on Twitter sentiment analysis. In *2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)* (pp. 1-5). IEEE.

Manguri, K. H., Ramadhan, R. N., & Amin, P. R. M. (2020). Twitter sentiment analysis on worldwide COVID-19 outbreaks. *Kurdistan Journal of Applied Research*, 54-65.

Loria, S. (2018). textblob Documentation. *Release 0.15*, 2, 269.

Man Hung, Evelyn Lauren, Eric S Hon, Wendy C Birmingham, Julie Xu, Sharon Su, Shirley D Hon, Jungweon Park, Peter Dang, Martin S Lipsky. Originally published in the *Journal of Medical*

Mourad, A. Srour, H. Harmanani, C. Jenainaty and M. Arafeh, "Critical Impact of Social Networks Infodemic on Defeating Coronavirus COVID-19 Pandemic: Twitter-Based Study and Research Directions", *Computer Science*, 2020.

Medhat, W.; Hassan, A.; Korashy, H. Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain Shams Eng. J.* 2014, 5, 1093–1113.

Nasukawa, T. and J. Yi, 2003. Sentiment analysis: Capturing favorability using natural language processing. Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Capture, Oct. 23-25, ACM, Sanibel Island, FL, USA, pp: 70-77.

Nartiningrum, N., & Nugroho, A. (2020). Online learning amidst global pandemic: EFL students' challenges, suggestions, and needed materials. *ENGLISH FRANCA: Academic Journal of English Language and Education*, 4(2), 115-140.

Nhlabano, V. V., & Lutu, P. E. N. (2018, August). Impact of text pre-processing on the performance of sentiment analysis models for social media data. In *2018 International Conference on Advances in Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)* (pp. 1-6). IEEE.

Onyenwe, I., Nwagbo, S., Mbeledogu, N., & Onyedimma, E. (2020). The impact of political party/candidate on the election results from a sentiment analysis perspective using #AnambraDecides2017 tweets. *Social Network Analysis and Mining*, 10(1), 1-17.

Pak, A., & Paroubek, P. (2010, May). Twitter as a corpus for sentiment analysis and opinion mining. In *LREC* (Vol. 10, No. 2010, pp. 1320-1326).

Protes, D., & McCombs, M. E. (2016). *Agenda setting: Readings on media, public opinion, and policymaking*. Routledge.

Pecar, S., Simko, M., & Bielikova, M. (2018, August). Sentiment analysis of customer reviews: Impact of text pre-processing. In *2018 World Symposium on Digital Intelligence for Systems and Machines (DISA)* (pp. 251-256). IEEE.

Persada, S., Oktavianto, A., Miraja, B., Nadlifatin, R., Belgiawan, P., & Redi, A. P. (2020). Public Perceptions of Online Learning in Developing Countries: A Study Using The ELK Stack for Sentiment Analysis on Twitter. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(9), 94-109.

Shofiya, C., & Abidi, S. (2021). Sentiment Analysis on COVID-19-Related Social Distancing in Canada Using Twitter Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5993.

- World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report. 2020.
- Wu, Y., Atkin, D., Lau, T. Y., Lin, C., & Mou, Y. (2013). Agenda setting and micro-blog use: An analysis of the relationship between Sina Weibo and newspaper agendas in China. *The Journal of Social Media in Society*, 2(2).
- Yaqub, U., Sharma, N., Pabreja, R., Chun, S. A., Atluri, V., & Vaidya, J. (2018, May). Analysis and visualization of subjectivity and polarity of Twitter location data. In *Proceedings of the 19th annual international conference on digital government research: governance in the data age* (pp. 1-10).



# Research Trends Analysis in Educational Journal Publications on Covid19 Using Descriptive and Text Mining Methods: Preliminary Analysis

Cansu Çiğdem Ekin\*, Mustafa Çakıcı<sup>1</sup>, Egemen Şener<sup>1</sup>, Sıla Türker<sup>1</sup>, Sinem Altanlar<sup>1</sup>

\* Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4838-9708)

<sup>1</sup> Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1036109)

**ATIF/REFERENCE:** Ekin, C. Ç., Çakıcı, M., Şener, E., Türker, S. & Altanlar, S. (2021). Research Trends Analysis in Educational Journal Publications on Covid19 Using Descriptive and Text Mining Methods: Preliminary Analysis. *European Journal of Science and Technology*, (29), 432-437.

## Abstract

The study aims to reveal the studies' profile on covid19 in journals in the field of education. For this purpose, probabilistic topic modeling technique and descriptive analysis has been used together to analyze 3039 journal articles that are indexed by the SCOPUS database between January 2020 and May 2021. Within the scope of descriptive analysis, the most cited journals, the most publishing journals, and the most publishing countries were analyzed. In probabilistic topic modeling stage, Latent Dirichlet allocation (LDA) algorithm which is a text mining method was applied to the abstracts of those extracted documents to identify topics in publications containing keywords such as covid, corona, pandemic in their titles. The results of text mining revealed 10 major topics mapping the studies' profile on covid19 in journals in the field of education. In this study, preliminary analysis results were given.

**Keywords:** COVID-19, Latent Dirichlet Algorithm, Online Education, e-Learning, Digital Education, Topic Modeling

# Betimleyici ve Metin Madenciliği Yöntemleri Kullanılarak Covid19 Konulu Eğitim Dergisi Yayınlarında Araştırma Eğilimleri Analizi: Ön Analiz

## Öz

Çalışma, eğitim alanındaki dergilerde yer alan Covid19 ile ilgili yapılan çalışmaların profilini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Bu amaçla, Ocak 2020 ile Mayıs 2021 tarihleri arasında SCOPUS veri tabanı tarafından indekslenen 3039 dergi makalesini analiz etmek için olasılıksal konu modelleme ve betimsel analiz ile birlikte kullanılmıştır. Betimsel analiz kapsamında en çok atıf alan dergiler, en çok yayın yapan dergiler ve en çok yayın yapan ülkeler analiz edilmiştir. Olasılıksal konu modelleme aşamasında ise; başlıklarında covid, corona, pandemi gibi anahtar kelimeler içeren yayınlardaki çalışma konularını belirlemek için ilgili belgelerin özetlerine Latent Dirichlet Tahsisi (LDA) algoritması uygulanmaktadır. Metin madenciliği sonuçları, eğitim alanındaki dergilerde covid19 ile ilgili çalışmaların profilini haritalayan 10 ana konuyu ortaya koymuştur. Bu çalışmada ön analiz sonuçları verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19, Latent Dirichlet Algorithm, Online Eğitim, e-Learning, Digital Eğitim, Konu Modelleme

\* Cansu Çiğdem EKİN, [cansu.aydin@atilim.edu.tr](mailto:cansu.aydin@atilim.edu.tr)

## 1. Introduction

The power of the Internet, information and communication technologies, the rapid accessibility in data networks, and have caused great changes in social life, health sector, education, economy and so on. E-learning is a learning method that emerged with the use of modern communication and internet technologies. It is possible to access information from anywhere and anytime by using e-learning tools. In this way, it continues and improves the existing traditional education programs.

The covid-19 outbreak education, which is currently on the agenda, had effects in some ways. The COVID-19 outbreak has been spreading all over the world since the day it emerged. This epidemic process does not only affect health systems and their economic dimensions, but also education systems. The pandemic process has led to the formation of concepts such as distance education, online education, hybrid education on education, etc. When the literature were analysed for researches that use the text mining method on covid-19, it was seen that the concept of text analysis, which is used synonymously with text mining, was used to draw a quantitative result by examining patterns and trends in different data sets. Text analysis, such as sentiment analysis, content analysis, keyword analysis, topic analysis can be used to find out meaningful information from the data (Yang & Zhang, 2018). These analysis methods have also been used in recent studies. Isoaho ve his colleagues (2019) used topic modeling and text analysis to review qualitative policy research. Kim and Lee (2019) performed a network text analysis of medical tourism in newspapers using text mining. Bi and his colleagues (2018) made a systematic mapping using text mining in software architecture. In the scope of this study, articles on covid-19 were examined. Considering that we only have 2-year data on Covid-19, most of these studies have been conducted on the evaluation of Covid-19 in terms of health (Tworowski et al., 2021; Glowacki et al, 2020), its impact on the population (Glowacki et al, 2020; Tworowski et al., 2021), its impact on the industry (Atay et al, 2021; Yang& Han, 2021), and how it affects people's psychology (Lyu&Luli, 2021; Koh&Liew, 2020).

There is no text mining work done in the education field of Covid-19. Our work is the first in this area. The reason why we use the articles about covid-19 in the field of education in this analysis is that in most of the world, education is transferred online and e-learning patterns are integrated into our lives.

As a result, using the text mining technique, articles on Covid-19 are discussed in areas such as people's health, people's psychology, effects on the economy and industry. Our project applies text mining technique on articles written in the education field of covid-19. The fact that no previous work has been done in this area is a work of our project to fill the gap in this area.

## 2. Background

### 2.1 LDA Model

The algorithms suggested for subject modeling are statistical methods and aim to reach a conclusion by analyzing the words that make up the document. Latent Dirichlet Allocation (LDA), which has gained great importance in machine learning and text mining applications and is one of the most basic and popular subject modeling methods, is a generative graphical model used

to model discrete data such as documents and find reveal the topic of the document. Each document is made up of a random mix of topics, and each word that makes up the document is chosen from a topic (See Figure 1). Topics also show a probability distribution from words in a fixed dictionary. The process first starts with sampling the words in the dictionary under topics. The next step illustrates the possibility for each topic to be included in the document. The probability of locating words under topics and subjects in the document is obtained by the Dirichlet distribution. In topic modeling methods, the number of subjects is determined initially by assuming that they are known.

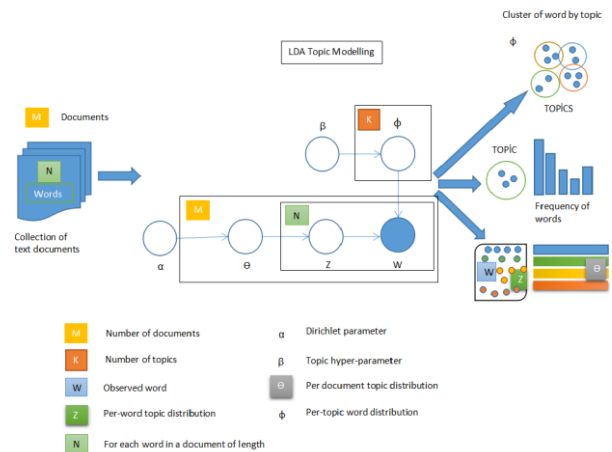


Figure 1. LDA Topic Modelling Process

In topic modeling methods, the number of subjects is determined initially by assuming that they are known. Coherence measure value allows us to score a single subject by measuring the degree of semantic similarity between words with a high score on the subject. In this study,  $C_v$  measure was used as a consistency criterion for performance comparison.  $C_v$  measure is based on a sliding window, one-set segmentation of the top words and an indirect confirmation measure that uses normalized pointwise mutual information (NPMI) and the cosine similarity [21]. The number of topic with the highest consistency value was determined as the number (K) of which we will train our system. In this study, the number of topics was accepted as 10.

Also, subject modeling methods are not sensitive to Dirichlet parameters. In this study, Dirichlet parameters were assigned symmetrically and alpha value was determined as 0.1, and beta value was determined as 0.01. The Alpha parameter is the Dirichlet parameter that represents the distribution of the topics in the documents. A higher alpha value indicates that documents have more topics, resulting in a more specific topic distribution per document. The beta parameter is the parameter that represents the distribution of words in topics. A high beta value indicates that it results in a more specific word distribution per topic.

## 3. Methodology

### 3.1 Data Collection

The data were obtained using the Scopus database. The reasons why Scopus database is preferred when obtaining data; its connections it has a lot of features, such as presenting author profiles that include the number of publications and bibliographic data, references and details about the number of citations each



published document has received (See Figure 2). While obtaining data from the Scopus database, predetermined keywords were used and the articles containing these words were listed.

Medical resources are not included among these listed articles and are limited to educational resources. The listed articles are generally composed of articles published in English. Due to the examination of the education field of the Covid-19 pandemic, the research has been restricted with articles published only in the last two years.



Figure 2. All words and excluded features

### 3.2 Working Environment

Coherence scores of topic models were calculated using the Gensim (ver. 4.0.1) library on Python version 3.9 programming language, and they were run in an environment with Windows 10, Intel i7 processor and 16 GB ram. Topic results and analyzes were made via Google Colab.

### 3.1 Preprocessing

The input data to be analyzed in data mining must have a certain format and must be cleared of corrupt or unnecessary data. The biggest problem with text mining is that the data set it will process is not structured. The pre-processing stage in the field of text mining, which is generally working on documents written using natural language, performs the process of converting the data to the appropriate format in addition to data cleaning. In this study, the Natural Language Toolkit library created for python is used [18]. NLTK includes modules related to text processing and analysis algorithms that enable raw text data to be processed.

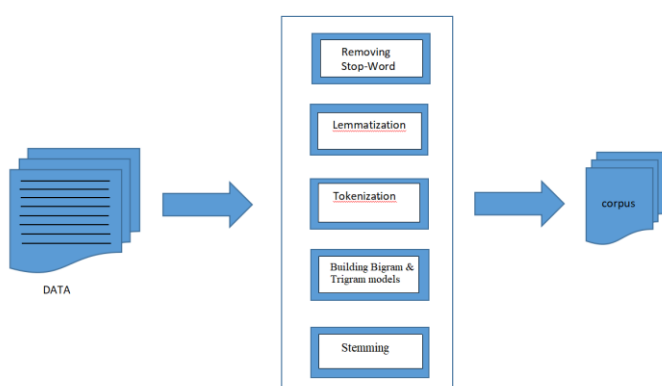


Figure 3. Steps of Data Preprocessing

Text preprocessing steps generally consist of five steps as stated below (see Figure 3) ;

1. Split text into sentences (Tokenization)
2. Filter out unnecessary words (stopwords filtering)

3. Word body (lemmatization): Finding the main forms of the words and converting the word into body form

4. Building Bigram & Trigram models: Distributed representations of words in a vector space help learning algorithms to achieve better performance in natural language processing tasks by grouping similar words [19]. Bigrams are two words that are frequently occurring together in the document. Trigrams are three words that are frequently occurring together in the document.

5. Stemming: It is a root-finding algorithm that allows finding the root of a word by normalizing it linguistically. The goal of the root-finding algorithm is; to reduce the variety of words studied by rescuing the words with inflectional or constructional suffixes from the suffixes.

The Gensim library was used to perform topic modeling on the data that was cleared after preprocessing [20]. Gensim is designed to process large text collections using data flow and incremental online algorithms; This feature distinguishes it from many other machine learning software packages that only target in-memory processing, for this reason, Gensim has been used and cited in many various disciplines, commercial and academic applications, from medicine to insurance, claims analysis and patent research. In text mining, the regular and structural coexistence of the cleaned data is called corpus. The LDA algorithm in the Gensim library was used to examine the topics discussed in these texts, the recurring themes and the extent to which each document deals with these topics through the corpus we created.

## 4. Results of the Study

### 4.1 Descriptive Analysis

We extracted 3.039 documents that were published in academic journals and conference papers, listed in the Scopus database. Of those documents, 2.825 were journal articles. Before applying LDA to these 3.039 articles, descriptive statistics are obtained based on the distribution of related documents and sources.

The 3.167 documents were published in 679 sources. Table 1 lists the annual frequencies of documents for the top 10 sources. As Table 1 shows, Journal Of Chemical Education Including Subseries Teaching Chemistry in the Time of COVID-19 and Experimenting with At-Home General Chemistry Laboratories during the COVID-19 Pandemic publishes far more documents in this field than do any of the other top sources. This source focuses on Attempts, successes, and failures of distance learning in the time of covid-19 and challenges of laboratory teaching with the challenges of Covid-19.

Table 1. Top 10 sources of articles on education field of the Covid-19 pandemic.

#	Source	# of documents
1	Journal Of Chemical Education	184
2	Education Sciences	73
3	Journal Of Dental Education	68
4	Gms Journal For Medical Education	63
5	Frontiers In Education	55
6	Journal Of Microbiology And Biology Education	54
7	BMC Medical Education	53
8	Journal Of Surgical Education	50
9	Education And Information Technologies	49
10	Biochemistry And Molecular Biology Education	40

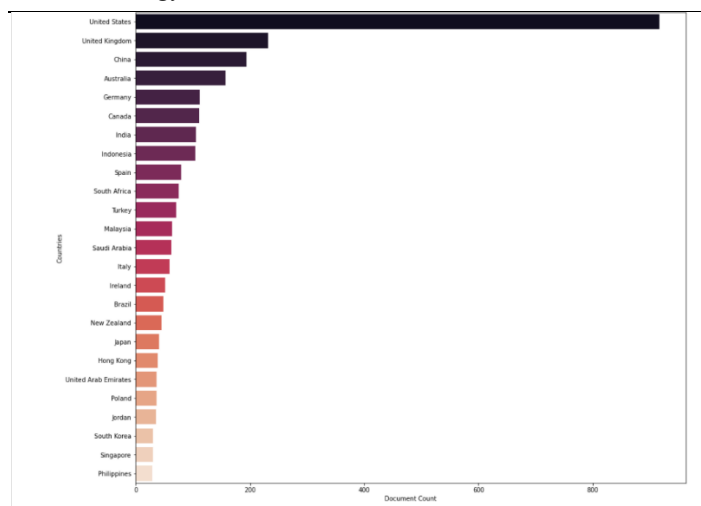


Figure 4. Number of Documents by Countries

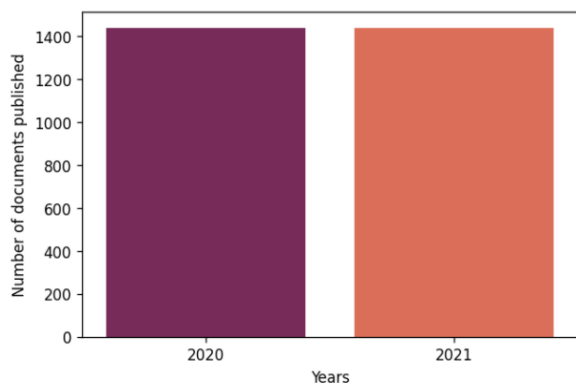


Figure 5. Number of Documents by Year

In figure 4, the first 25 countries where studies examining the impact of covid-19 on the field of education have been published are shown with a column chart. The United States is at the top of

the list as the country that broadcasts the most. It is followed by the United Kingdom, China, and Australia.

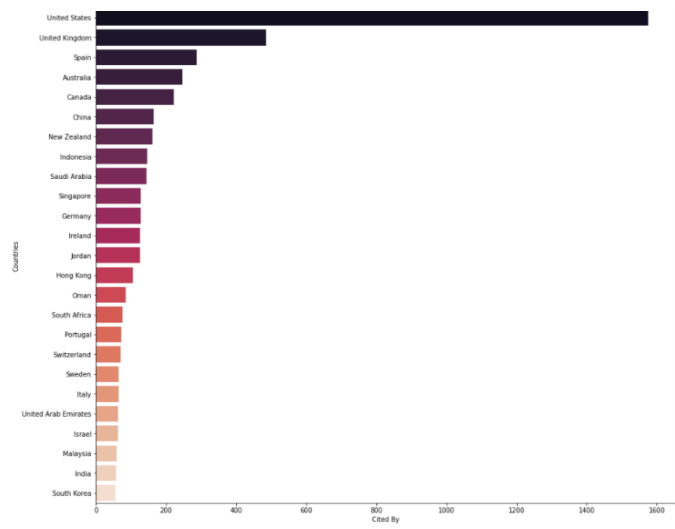


Figure 6. Number of Citations by Countries

In figure 6, the first 25 countries according to the number of citations of the countries where studies examining the impact of covid-19 on the field of education are published are shown with a column chart. The United States tops the list as the country with the most citations. It is followed by the UK, Spain, Australia, and Canada.

The spread of covid-19's studies in the field of education by years is shown in Figure 5. Since covid-19 entered our lives 2 years ago, we have data showing only 2 years. In general, documents were published at very close rates every 2 years.

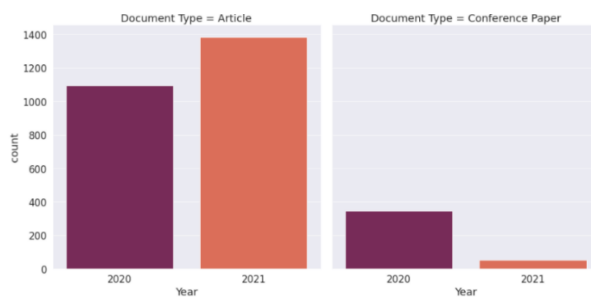


Figure 7. Number of documents by type and year

Most of the published documents consist of articles. As can be seen from the Figure 7, more articles were published in 2021 than in 2020. Conference papers are less than articles. Conference papers published in 2020 are more than in 2021. However, it is important to remember that 2021 continues now. These data may change at the end of the year.

## 4.2 Topic Modeling Analysis

### 4.2.1 Topic modeling analysis with Gensim

For more specific research trends, text mining is used on the source title, abstracts and keywords that describe research on education field of the Covid-19 pandemic. A dictionary is imported to extract the appropriate lemma through morphological

analysis. To select principal terms in sequence, stop words and words with fewer than two letters are removed, and terms that appear frequently in many documents are weighted. Figure 8. shows the results of using the coherence score value as a measure to select the optimal topics. From the highest coherence score value, we determined that the optimal number of topics for the model is 10. Dirichlet parameters were assigned symmetrically and alpha value was determined as 0.1, and beta value was determined as 0.61.

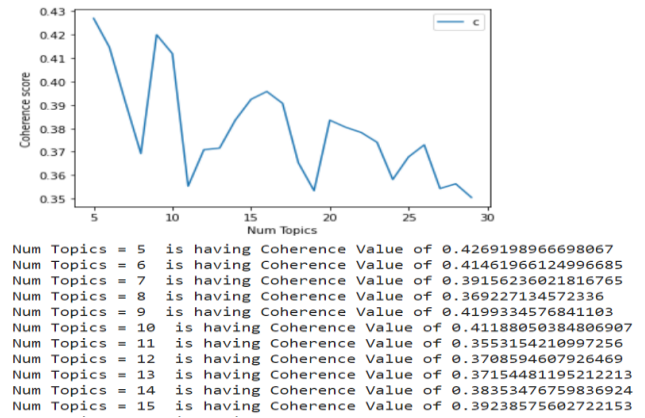


Figure 8. Changes in coherence score by number of topics.

Table 2. Determining the Contents of the Study with the first ten words

Topic #	Content of the Studies	Topic Keywords
0	studies related with interview session results for virtual simulation in medical curriculum for clinical skills	Virtual, simulation, student, medical, interview, session, clinical, skill, curriculum, format
1	studies related with experiences of students/patients/residents in medical training program during pandemic	Medical, training, clinical, program, patient, resident, care, experience, student, conclusion
2	studies related with student online learning in university	Online, student, learn, teacher, study, education, teaching, university, learning, teach
3	studies related with educational for supporting educational program challenge during pandemic	Education, school, practice, pandemic, support, student, program, challenge, leadership, educational
4	studies related with school experiences	School, child, teacher, parent, pandemic, education, experience, study, support, learn
5	studies related with examination method in medical exam for student online assessment	Student, online, assessment, exam, medical, time class, method, examination, teaching
6	Studies related with deep learning	Model, image, base, video, learn, detection, algorithm, paper, propose, network
7	studies related with educational and social policy during pandemic on impact of community health crisis	Education, social, pandemic, policy, community, crisis, health, paper, impact, article
8	survey studies related with knowledge level and factors influences student mental health during pandemic	Student, study, health, level, school, pandemic, knowledge, survey, covid, factor
9	studies related with student online learning experiences, educational challenges teaching remote	Student, learn, learning, online, experience, teaching, remote, virtual, Challenge, education

In Table 2, we list the best coherence score in 10 topics names, dominant word weight of the topic, and the topic keyword for each topic. The topic name is defined by manual examinations based on our prior knowledge and extracted terms. The process of finding the number of topics and defining the topic name was done by the field expert in education who is an expert also in the field of text mining. In most cases, the first five keywords were combined in a meaningful manner to name each topic. As seen in Table 2, first topic with the highest weight includes studies related with examination method in medical exam for student online assessment. Second topic

includes studies related with student online learning in university. Third topic is related with studies about student online learning experiences, educational challenges teaching remote. Following topics are related with studies on student online learning in university, experiences of students/patients/residents in medical training program during pandemic and studies on school experiences.

## **5. References**

- Atay, M., Eroğlu, Y., & Ulusam Seçkiner, S. (2021). Investigation of Breaking Points in the Airline Industry with Airline Optimization Studies Through Text Mining before the COVID-19 Pandemic. *Transportation Research Record*, 0361198120987238.
- Bi, T., Liang, P., Tang, A., & Yang, C. (2018). A systematic mapping study on text analysis techniques in software architecture. *Journal of Systems and Software*, 144, 533-558.
- Glowacki, E. M., Wilcox, G. B., & Glowacki, J. B. (2021). Identifying# addiction concerns on twitter during the COVID-19 pandemic: A text mining analysis. *Substance abuse*, 42(1), 39-46.
- Isoaho, K., Gritsenko, D., & Mäkelä, E. (2021). Topic modeling and text analysis for qualitative policy research. *Policy Studies Journal*, 49(1), 300-324.
- Kim, S., & Lee, W. S. (2019). Network text analysis of medical tourism in newspapers using text mining: The South Korea case. *Tourism Management Perspectives*, 31, 332-339.
- Koh, J. X., & Liew, T. M. (2020). How loneliness is talked about in social media during COVID-19 pandemic: text mining of 4,492 Twitter feeds. *Journal of psychiatric research*.
- Lyu, J. C., & Luli, G. K. (2021). Understanding the public discussion about the centers for disease control and prevention during the covid-19 pandemic using twitter data: Text mining analysis study. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2)
- Tworowski, D., Gorohovski, A., Mukherjee, S., Carmi, G., Levy, E., Detroja, R., ... & Frenkel-Morgenstern, M. (2021). COVID19 Drug Repository: text-mining the literature in search of putative COVID19 therapeutics. *Nucleic acids research*, 49(D1), D1113-D1121.
- Yang, M. & Han, C. "Revealing industry challenge and business response to Covid-19: a text mining approach", 2021.
- Yang, S., & Zhang, H. (2018). Text mining of Twitter data using a latent Dirichlet allocation topic model and sentiment analysis. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 12(7), 525-529.