



**KOSTÜ**

KOCAELI HEALTH  
AND TECHNOLOGY  
UNIVERSITY  
2009

**1<sup>ST</sup> KOCAELI INTERNATIONAL ENGINEERING-NATURAL SCIENCES AND HEALTH  
TECHNOLOGIES CONFERENCE**

**1<sup>ST</sup> KOCAELI NATIONAL ENGINEERING-NATURAL SCIENCES AND HEALTH  
TECHNOLOGIES WORKSHOP**

**11-13 OCTOBER, 2024**

**KOCAELI, TÜRKİYE**

**MDST2024**

**PROCEEDING BOOK**

**EDITORS: Prof.Dr. Nevcihan DURU, Assoc.Prof.Dr. Funda DÖKMEN and Asst.Prof. Vildan YAZICI**

**ASSISTANTS OF EDITOR: Ayşegül HACIALİOĞLU and Candide ÖZTÜRK**

**Kocaeli University, Kocaeli-Türkiye**

**Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli-Türkiye**

**ISBN:**



**THE  
UNIVERSITY OF  
LAHORE**



**MDST 2024, 11-13 October 2024, Kocaeli / TÜRKİYE**

**Publishing by**

Kocaeli Health and Technology University

Published in Türkiye.

Copyright © 2024 **Kocaeli Health and Technology University**, All rights reserved.

No part of this book may be reproduced in any form or by any means, without permission in writing from the Publisher.



**Yeniköy Mahallesi Ilıca Caddesi No:29, Başiskele/Kocaeli**

**Tel: 0262 999 80 85  
0850 450 28 28**

**Fax: 0262 999 66 90**

**[www.kocaelisaglik.edu.tr](http://www.kocaelisaglik.edu.tr)**

All rights reserved.

This work is subject to copyright, no parts of publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronics, mechanical photocopying, recording, and scanning without the permission in writing Kocaeli Health and Technology University and University of Kocaeli.

**1<sup>st</sup> KOCAELI INTERNATIONAL ENGINEERING-NATURAL SCIENCES AND HEALTH TECHNOLOGIES CONFERENCE, MDST2024, Kocaeli-TURKIYE**

**1<sup>st</sup> KOCAELI INTERNATIONAL ENGINEERING-NATURAL SCIENCES AND HEALTH TECHNOLOGIES WORKSHOP, MDST2024, Kocaeli-TURKIYE**

**Editors:**

Prof.Dr. Nevcihan DURU, KOSTÜ, Türkiye (Co-Chair)

Assoc.Prof.Dr. Funda DÖKMEN, KOÜ, Türkiye (Co-Chair)

Asst.Prof. Vildan YAZICI, KOSTÜ, Türkiye (General Secretary)

**Assistants of Editor:**

Ayşegül HACIALİOĞLU, KOÜ, Türkiye

Candide ÖZTÜRK., KOSTÜ, Türkiye

**ISBN:**

1.Engineering Technologies

2.Natural-Agriculture Technologies

3. Health Technologies

## **PREFACE**

### **Dear Participants,**

'1st National/International Kocaeli National Engineering-Natural Sciences and Health Technologies Workshop/Conference' was successfully held between 11-13 October 2024, hosted by KOSTÜ in cooperation with Kocaeli University and Kocaeli Health and Technology University. The conference/workshop, which were honorary chairmans of Kocaeli University Rector Prof. Dr. Nuh Zafer CANTÜRK, Kocaeli Health and Technology University Rector Prof. Dr. Muzaffer ELMAS and Chairman of the Board of Trustees Dr. Talip EMİROĞLU, were successfully completed in cooperation with KOÜ and KOSTÜ.

During the three-day workshop, papers were presented in the fields of engineering, natural sciences and health technologies. In the workshop, approximately 56 papers covering original and innovative studies in the field of 'Engineering-Nature-Health Technologies' were presented with face-to-face and online participation. The workshop was followed with interest by 126 participants (academicians, undergraduate, associate, graduate and doctoral students, related sector representatives and industrial organizations) with and without papers.

The presentations of the invited speakers also attracted significant interest as they covered the latest technological developments within the scope of the workshop topics. Presentations on artificial intelligence-based engineering solutions to problems in different fields of health, environment and agriculture were also very important and provided useful information.

In the presentations, it was emphasized that new discoveries and innovations in the 21st century will be realised through scientific studies carried out with 'interdisciplinary cooperation'. In addition, a suitable environment was created for scientists coming together from different disciplines in terms of 'efficiency' and 'sustainability', 'protection of nature' and 'rational use of natural resources' to seize opportunities for joint work.

We hope you have good time in Kocaeli-Türkiye and benefit from the high-level presentation, focused debate and exchange of information during the conference/workshop. We would like to express our sincerely thanks to all our sponsors, participants and everyone who contributed to the successful realization of this event. Hope to see you again at the next MDST Conference/workshop.

On the behalf of organizing committee,

Asooc.Prof.Dr. Funda DÖKMEN & Prof.Dr. Nevcihan DURU

Chairs of Conference

MDST2024, Kocaeli, Türkiye.

## **Conference Topics**

### **Natural-Agriculture Technologies Topics**

#### **Crop Production**

- Precision Agriculture Technologies
- Hydroponic and Aeroponic Systems
- Fertilization and Plant Nutrition Technologies
- Irrigation Technologies and Automation
- Solar Energy Applications in Agriculture
- Use of Renewable Energy in Agriculture
- Using Robots in Agriculture
- Information Systems in Agriculture
- Artificial Intelligence Applications in Agriculture
- Agricultural Water Management and Artificial Intelligence
- Climate Change and Prediction Models
- Advanced Technologies in Agricultural Control (Plant Protection)
- Satellite and Drone Technologies

#### **Animal Production**

- Precision Livestock
- Smart Farm Management
- Feeding and Feed Technologies
- Fertilizer Management
- Remote Monitoring and Management Technologies

#### **Biotechnology**

- Agricultural Biotechnology
- Advanced Genetics and Seed Technologies
- Artificial Intelligence Applications in Genetic Selection
- Biometrics and Genetics
- Structural Bioinformatics
- Agricultural Bioinformatics
- Industrial Plants and Bioenergy Production

## **Health Technologies Topics**

- Drug Discovery and Development: Innovative Approaches and Technologies
- Nanotechnology and Drug Delivery Systems
- Biotechnology and Biopharmaceuticals
- Herbal Products and Natural Medicines: From Science to Market
- Clinical Pharmacology: New Trends and Innovations
- Digital Health and Pharmacy: The Role of Artificial Intelligence, Data Analytics and Mobile Applications
- Sustainability and Environmental Impacts in the Pharmaceutical Industry
- Antibiotic Resistance and Effective Use of Medicines: Global Campaigns and Strategies
- Artificial Intelligence and Machine Learning in Pharmacy: Pharmacy of the Future

## **Pharmacy Technologies Topics**

- Drug Discovery and Development: Innovative Approaches and Technologies
- Nanotechnology and Drug Delivery Systems
- Biotechnology and Biopharmaceuticals
- Herbal Products and Natural Medicines: From Science to Market
- Clinical Pharmacology: New Trends and Innovations
- Digital Health and Pharmacy: The Role of Artificial Intelligence, Data Analytics and Mobile Applications
- Sustainability and Environmental Impacts in the Pharmaceutical Industry
- Antibiotic Resistance and Effective Use of Medicines: Global Campaigns and Strategies
- Artificial Intelligence and Machine Learning in Pharmacy: Pharmacy of the Future
- Pharmacogenetics and Pharmacogenomics: Personalized Medicine Applications
- Nanotechnology-Based Drug Delivery Systems
- Computer-Aided Drug Design
- Artificial Intelligence in Drug Discovery Journey
- Applications of Artificial Intelligence in Healthcare Services
- The Place and Importance of Artificial Intelligence in Health Education
- Applications of Artificial Intelligence in Rational Drug Use
- Applications of Artificial Intelligence Technologies in Clinical Pharmacy
- Nanotechnology and Biosensor Development

- Utilization of Nanotechnology in the Health Field

**Conference/Workshop Language:**

English and Turkish are the official language of the MDST2024 Conference/Workshop

Details: You can find more details at MDST2024

Web pages: <https://mdst2024.kocaelisaglik.edu.tr>

## **Committees**

### **Honorary Committee**

Dr. Talip EMİROĞLU, KOSTU President, Türkiye

Prof. Dr. Muzaffer ELMAS, KOSTU Rector, Türkiye

Prof. Dr. Nuh Zafer CANTÜRK, KOU Rector, Türkiye

### **Organizing Committee**

Assoc. Prof. Dr. Funda DÖKMEN, KOU, Türkiye

Asst. Prof. Vildan YAZICI, KOSTU, Türkiye

Prof. Dr. Nevcihan DURU, KOSTU, Türkiye

Prof. Dr. Yurdanur DİKMEN, KOSTU, Türkiye

Asst. Prof. Nur Banu ALBAYRAK, KOSTU, Türkiye

Asst. Prof. Betül BÜYÜKKILIÇ ALTINBAŞAK, KOSTU, Türkiye

Dr. Mine Nazan KERİMAK ÖNER, KOU, Türkiye

Bewell Teknoloji San. Tic. A.S., Eskişehir, Türkiye

### **Conference Chairs**

Prof. Dr. Nevcihan DURU, KOSTU, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Funda DÖKMEN, KOU, Türkiye

### **General Secretary**

Asst. Prof. Vildan YAZICI, KOSTU, Türkiye

### **Scientific Committee**

Prof. Dr. Yeşim AHİ, AU, Türkiye

Prof. Dr. Zafer ASLAN, İAU, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet AYGÜN, KOU, Türkiye/Manas Üniv. , Kırgızistan

Prof. Dr. Yaşar BECERİKLİ, KOU, Türkiye

Prof. Dr. Rashmi BHARDWAJ, GGSIPU, Delhi, India

Prof. Dr. Ali ÇINAR, KOU, Türkiye

Prof. Dr. A. Halim ORTA, NKU, Türkiye

Prof Dr. Nevcihan DURU, KOSTU, Türkiye

Prof. Dr. H. Tarık DURU, KOSTU, Türkiye

Prof. Dr. Fikriye POLAT, KOU, Türkiye

Prof. Dr. Bahadır SAYINCI, BŞEU, Türkiye



Prof. Dr. Zisis VRYZAS, Aristotle University of Thessaloniki, Greece  
Assoc. Prof. Dr. Arda ACEMİ, KOU, Türkiye  
Assoc. Dr. Sajid Mahmood AZEMİ, TESPAC, Pakistan  
Assoc. Prof. Dr. Hakkı BALTAÇI, GTU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Aysun ÇAVUŞOĞLU, KOU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Akif ÇİFÇİ, TUW, Avusturya  
Assoc. Prof. Dr. İhsan DOĞAN, AU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Funda DÖKMEN, KOU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Fatih GÖGER, AFSU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Gamze GÖGER, AFSU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Tolga TURAN DÜNDAR, Bezmialen Vakıf Üniv., Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Yeliz KARACA, Masachuset University, ABD  
Assoc. Prof. Dr. Yonca YÜZÜGÜLLÜ KARAKUŞ, KOU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Işıl ÖZDEMİR, KOU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Tuncay ÖZDEMİR, İTU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Gülsüm Ebru ÖZER UYAR, KOU, Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Mesude ÜNAL, KOU, Türkiye  
Asst. Prof. Nur Banu ALBAYRAK, KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. Betül BÜYÜKKILIÇ ALTINBAŞAK, KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. Mehmet Aytaç ÇINAR, KOU, Türkiye  
Asst. Prof. Demet DİNÇEL, BVU, Türkiye  
Asst. Prof. Hüseyin T. GÜLTAŞ, BŞEU, Türkiye  
Asst. Prof. Ercan ÖLÇER, KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. Hikmetcan ÖZCAN, KOU, Türkiye  
Asst. Prof. Mehmet KARA, KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. İsmet KARADUMAN, KOSTU, Türkiye  
Assist. Prof. Meltem KURT PEHLİVANOĞLU, KOU, Türkiye  
Asst. Prof. Nadide SEYHUN, BTU, Türkiye  
Asst. Prof. Ayfer TURAN KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. Ulaş VURAL, KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. Vildan YAZICI, KOSTU, Türkiye  
Asst. Prof. Cüneyt YAZICI, KOU, Türkiye

Dr. ıgdem COŐKUN DILCAN

Dr. Mine Nazan KERİMAK ÖNER, KOU, Türkiye

### **Steering Committee**

Lecturer Ayőegöl HACIALİOĞLU, KOU, Türkiye

Lecturer Serenad OTAR, KOU, Türkiye

Research Assistant Candide ÖZTÜRK, KOSTU, Türkiye

Research Assistant Eray DURSUN, KOSTU, Türkiye

Std. Ayşe Nur UZUNLAR, KOU, Türkiye

Std. Leyla TONGAR, KOU, Türkiye

Std. Emir ÖLÇER, KOSTU, Türkiye

### **Webmaster**

Emir ÖLÇER, KOSTU, Türkiye

### **Publication Committee**

Prof. Dr. Nevcihan DURU, KOSTU, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Funda DÖKMEN, KOU, Türkiye

Asst. Prof. Vildan YAZICI, KOSTU, Türkiye

## CONTENTS

AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKA İLE TOPLULUK ÖĞRENME TABANLI KALP KRİZİ TAHMİNİ (Burcu BİLGİN, Nevcihan DURU, İrem YILMAZ).....	12
AĞAÇ SAĞLIĞI DEĞERLENDİRMESİ VE ERKEN UYARI İÇİN GELİŞMİŞ YAPAY ZEKA TABANLI FRAMEWORK (Nina AALAMI, Taşkın KIZIL, Nevcihan DURU).....	18
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YARDIM MASASI SİSTEMLERİNDE KELİME GÖMME YÖNTEMİ İLE VERİLERİN SINIFLANDIRILMASI YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (Gökçe ARKAN, Ercan ÖLÇER).....	25
CERRAHI UYGULAMALARDA YAPAY ZEKÂ DESTEĞİYLE HIPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI ÜZERİNE BİR DERLEME (Ayşe Gül EKER).....	27
CROWD ANALYSIS AT MASS GATHERINGS USING AERIAL VIDEOS (Anıl ERDOĞAN, Yusuf USTAOGU, Emin Kayra ERTEKİN, Dila Seray TEGUN, Ulaş VURAL).....	32
DİFERANSİYEL MAHREMİYET YÖNTEMLERİNİN SAĞLIK VERİLERİNE UYGULANMASI: LAPLACE VE GAUSSİAN MEKANİZMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI (Özgür SAĞIR, Ulaş VURAL).....	37
DRONE HABERLEŞME GÜVENLİK ANALİZİ VE HABERLEŞME ATAKLARI UYGULAMASI (Mehmet KARA, Emirhan DURSUN).....	45
MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS OF TUMOR GROWTH AND MACROPHAGE RESPONSE: A MATHEMATICAL EXPLORATION OF TUMOR SUPPRESSION AND PROGRESSION (Peren Jerfi Canatalay, Mehmet Akif Çifci).....	50
MULTI-SENSOR FUSION WITH KALMAN FILTER (Serhat BİLAL, Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ).....	53
ORGAN TAŞIMA ÇANTASI SICAKLIK VE KONUM TAKİP SİSTEMİ (Sude Naz DEMİRTAŞ, Mehmet KARA, İclal ÇENGEL, Selime Selin CAN, Zeynep İrem AKYALÇIN).....	61
PERFORMANCE EVALUATION OF A PHOTOVOLTAIC-ASSISTED FAN-BASED DRYING SYSTEM (Yusuf Can DEMİR, Aykut GÜZEL, Mehmet Azmi AKTACİR).....	67
SEM İLE BEYİN MODELLEMESİ SIMÜLASYONLARININ KULLANIMI VE ETKİLERİ ÜZERİNE BİR DERLEME (Eray DURSUN, Candide ÖZTÜRK, Nur Banu ALBAYRAK, Nevcihan DURU, Vildan YAZICI).....	71
TECHNICAL CONSIDERATIONS AND KEY CRITERIA FOR THE SELECTION OF INSTRUMENT TRANSFORMERS (Mehmet GEZER, Bora ALBOYACI).....	75
THE PERFORMANCE ANALYSIS OF YOLOV8 MODELS FOR LANDSLIDE DETECTION FROM SATELLITE IMAGES (Mustafa KAYGUSUZ, Alev MUTLU).....	82
THE ROLE OF AGILE AND DEVOPS APPLICATIONS IN ACCELERATING SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESSES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY (İrem İÇYER, Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ).....	86
THE USE OF SPACE TECHNOLOGIES IN EARTH OBSERVATION AND ENVIRONMENTAL MONITORING (Serhat BİLAL, Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ).....	93
TRAKYA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞ, NEM VE SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN BULANIK MANTIK İLE DEĞERLENDİRİLMESİ (Funda DÖKMEN, Ayşe Nur UZUNLAR, Cansu ASLAN, Nevcihan DURU).....	99
YAPAY ZEKA GÜVENLİ Mİ? (Ercan ÖLÇER).....	104
YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE BEYİN DOKULARININ SEGMENTASYONU VE SINIFLANDIRILMASI (İsmet KARADUMAN, Meltem KURT PEHLİVANOĞLU).....	108
INDEX.....	115

# AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKA İLE TOPLULUK ÖĞRENME TABANLI KALP KRİZİ TAHMİNİ

Burcu BİLGİN<sup>1</sup>, Nevcihan DURU<sup>2</sup>, İrem YILMAZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, **ORCID:** 0000-0003-3062-1249

<sup>2</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41274, Türkiye, **ORCID:** 0000-0003-2154-7067

<sup>3</sup> Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 41380, Türkiye, **ORCID:** 0000-0003-0332-0870

## Article Info

## Abstract

### Oral Presentation

### Keywords

Açıklanabilir yapay zeka  
Kalp krizi  
Keşifsel veri analizi  
Makine öğrenmesi  
Topluluk öğrenmesi

Kalp krizi dünyada önde gelen ölüm nedenleri arasındadır. Kalp krizinin erken ve doğru bir şekilde tahmin edilmesi, bu durumun etkili bir şekilde yönetilmesi için hayati derecede önemlidir. Makine öğrenmesindeki son gelişmeler kalp krizi tahmininde büyük umut vaat etmektedir. Bu çalışmada, kalp krizini tahmin etmek için keşifçi veri analizi ile veri kapsamlı biçimde analiz edilmiştir ve veri ön işleme, hiperparametre optimizasyonu ve topluluk öğrenme algoritmaları kullanılarak bir makine öğrenmesi modeli geliştirilmiştir. Temel modeller olarak Lojistik Regresyon (LR), K-En Yakın Komşu (KNN), Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (CART), Rastgele Ormanlar (RF), Adaboost, Gradient Boosting (GBM), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) ve Category Boosting (CatBoost) algoritmaları modellenerek en yüksek performansa sahip üç tanesi oylama kuralı ile topluluk öğrenmesi kapsamında kullanılmıştır. Otomatik hiperparametre optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve veri kümesi 80:20 oranında bölünerek 10 katlı çapraz doğrulama uygulanmıştır. Performans değerlendirme için literatürde geçerli veri kümelerinden Cleveland ve Framingham veri kümeleri referans alınmıştır. Gerçekleştirilen model için accuracy, precision, recall, f1-score ve roc auc performans metrikleri kullanılmıştır ve %90 üzerinde başarı sağlanmıştır. Geliştirilen model ile kalp krizi ile ilgili doğru tahmin elde edilerek, mortalitenin azaltılmasına katkı sağlanabilir.

\*Corresponding Author E-mail : burcubilgin2020@gmail.com

## I. GİRİŞ

Son yıllarda, kardiyovasküler hastalıklar dünya ve Türkiye çapında ölümlerin önde gelen nedenlerinden biri olmuştur. Altta yatan sağlık sorunları ve bunların zamanında tespit edilememesi, her yıl ölüm oranındaki artışı büyük ölçüde etkilemektedir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), kardiyovasküler hastalıkların dünya çapında 1 numaralı ölüm nedeni olduğunu belirtmektedir. Dünya çapında, her yıl yaklaşık 17,9 milyon insan kalp hastalığından ölmektedir ve bu, küresel ölümlerin %32'sini temsil etmektedir. Bu ölümlerin %85'i kalp krizi ve inme nedeniyle gerçekleşmektedir [1].

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye'de önde gelen ölüm nedeni dolaşım sistemi hastalıklarıdır. Dolaşım sistemi hastalıkları 2009'da %39,8, 2012'de %37,9, 2013'te %39,6, 2014'te %40,0, 2015'te %40,1, 2016'da %39,5, 2017'de %39,5, 2018'de %37,8 ve 2019'da %36,8, tüm ölüm nedenlerinin başında gelmektedir. 2019 istatistiklerine göre dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı ölümlerin %39,1'i iskemik kalp hastalığı, %25,7'si diğer kalp hastalıkları, %22,2'si serebrovasküler hastalık ve %7,9'u hipertansif hastalıklardan kaynaklanmaktadır [2].

Miyokard Enfarktüsü (MI) veya Akut Miyokard Enfarktüsü (AMI) olarak adlandırılan kalp krizi, kardiyovasküler hastalık segmentindeki en ciddi hastalıklardan biridir. Kalp krizi, kalp kasının bir kısmına oksijen taşıyan kan akışının bloke olmasıyla gerçekleşir ve bu durumda kalp yeterince oksijen alamaz. Kan akışı hızlı bir şekilde eski haline getirilmezse kalp kasi ölmeye başlar [3].

Bilgi teknolojilerindeki ilerleme, sağlık endüstrisinin kritik kararlara yardımcı olan tıbbi verileri toplamasına ve

depolamasına olanak sağlamıştır. Depolanan hasta verileri, tahmin, teşhis, görüntü analizi ve tedavi yöntemlerini içerebilecek gerekli tıbbi kararları almak için analiz edilebilir. Kalp krizi, acil müdahale ve tedavi gerektiren, hayatı tehdit eden kritik bir durumdur. Yüksek ölüm oranının temel nedeni, kalp verileriyle ilişkili risklerin ve modellerin tanımlanmamasıdır.

Son yıllarda, makine öğrenmesi algoritmaları karmaşık, oldukça doğrusal olmayan sınıflandırma ve tahmin problemlerinin çözümünde önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, kalp krizi ile ilgili çeşitli semptomlara dayanarak kalp krizinin varlığını veya yokluğunu tahmin edecek bir tahmin modeli geliştirmek mümkündür.

Bu çalışmada, risk faktörlerinden kalp krizini tahmin etmek için ikili sınıflandırma tabanlı makine öğrenmesi yöntemi uygulamaktadır. Ayrıca, topluluk öğrenme modeli kullanılarak kalp krizi tahmin başarısının artırılması sağlanmaktadır.

## II. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Makine öğrenmesi çok çeşitli problemler için kullanılabilir. Sınıflandırma problemleri, bağımsız değişkenlerin değerlerinden bağımlı bir değişkenin tahmin edilmesidir. Sağlık alanı, manuel olarak ele alınması zor ve geniş veri kaynaklarına sahip olduğu için makine öğrenmesi için tercih edilen bir uygulama alanıdır. Kalp krizi, gelişmiş ülkelerde bile en yüksek orana sahip ölüm nedenlerinden biridir. Kalp krizine bağlı ölümlerin nedenlerinden biri, risklerin ya tespit edilememesi ya da ancak daha sonraki bir aşamada tespit edilmesidir. Makine öğrenmesi teknikleri bu sorunun üstesinden gelmek ve riskli erken bir aşamada tahmin etmek için yararlı olabilir.

Sulthana ve Jaithunbi [4], kalp krizinin erken tespitine yardımcı olan yüksek tercihli özellikleri filtrelemek için yeni bir özellik seçimi ve özellik sıralama yaklaşımı önermektedir. Farklı özelliklerin katkı kapasitesi orantılı olarak değiştiğinden, değişken özellik kombinasyonu (VCF) algoritması önerilmiş ve özellik çıkarımını iyileştirmek için olasılıksal temel bileşen analizi (PPCA) uygulanmıştır. Tahmin edilen özellik vektörleri kovaryanslarına göre analiz edilmiş ve en yüksek kovaryansa sahip vektörler PPCA ile belirlenmiştir. Böylece, VCF ve PPCA boyutluluk probleminin üstesinden gelmiş ve veri kümesinin boyutluluğunu azaltmıştır. Seçilen belirgin özellikler çoklu doğrusal regresyona (MLR) tabi tutulmuş ve birbiriyle sıkı ilişkili kombinasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca sınıflandırma için radyal temel fonksiyon (RBF) tabanlı destek vektör makinelerinden (SVM) geçirilmiştir. DVM tarafından oluşturulan iki sınıf, kalp krizi geçiren ve geçirmeyen hastaları içermekte ve %94,98 doğrulukla miyokardiyal tahminler sağlamaktadır (ACC).

Wu ve diğerleri [5], Ocak 2002'den Aralık 2013'e kadar 12 yıllık bir dönemi kapsayan Tayvan Ulusal Sağlık Sigortası Araştırma Veritabanının (NHIRD) bir alt kümesinden elde edilen veriler kullanılarak kalp krizini tahmin etmek için bir klinik karar destek sistemi geliştirmiştir. Özellik seçiminde Genetik Algoritma (GA) ve Destek Vektör Makinesi (DVM) entegre edilerek Genetik Algoritma ve Destek Vektör Makinesi (IGS) modeli önerilmiş ve kalp krizi tahmini için DNN ile bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Tahmin modelinde, komorbid hastalık ve komorbidite ile ilgili özellikler de dahil olmak üzere 74 özellik, dengeli bir veri kümesi (6087 AMI hastası ve 6087 AMI olmayan hasta) ve dengesiz bir veri kümesi (6.087 AMI hastası ve 12.174 AMI olmayan hasta) kullanılmıştır. Eğitim sırasında en iyi tahmin performansına sahip optimum modeli elde etmek için on kat çapraz doğrulama kullanılmıştır. IGS modeli miyokardiyal tahminleri %84,73 doğrulukla sağlamıştır (ACC).

Waqar ve diğerleri [6], kalp krizini yüksek doğruluk ve güvenilirlikle tahmin etmek için SMOTE tabanlı Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanmıştır. Veri kümesi olarak UCI Kalp Hastalığı dengesiz veri kümesi kullanılarak, özellik mühendisliği ihtiyacını ortadan kaldırmak için sınıflandırmadan önce SMOTE ön işleme yöntemi uygulanmıştır. Bu yaklaşımın özellik mühendisliği maliyetini ve alan bilgisine bağımlılığı ortadan kaldırarak önemli bir kazanç sağladığı belirtilmiştir. Dengesiz veri kümesine SMOTE uygulandıktan sonra topluluk öğrenme yöntemleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Dengesiz veri kümelerinde performans değerlendirmesinde tek başına Doğruluk metriğinin sağlıklı çıktı üretmemesi nedeniyle Hassasiyet, Geri Çağırma, F1-Skor, ROC metrikleri de değerlendirmeye dahil edilmiş ve YSA ile önerilen modelin başarı yüzdesinin ortalama %96 doğrulukla (ACC) en yüksek başarıyı elde ettiği gösterilmiştir. Diğer topluluk modellerinin başarıları: KNN (%82), SVM (%82), LR (%81), NB (%82), EL-AdaBoost(%81), Ensemble learning-bagging(%80), Ensemble learning-vote (%81).

Yuan [7], veri kümesi özelliklerini öğrenmek ve farklı sınıflandırıcılara dayalı olarak mümkün olduğunca doğru tahminler yapmak için aktif öğrenme sürecini eğitmeye

odaklanmaktadır. UCI Heart Disease ve Kaggle – Heart Attack Analysis & Prediction veri kümeleri birleştirilerek 10 özellik ve 598 satırdan oluşan tek bir veri kümesi elde edilmiştir. Verileri eğitmeden önce, sınıflandırıcının veri kümesine uyup uymadığını değerlendirmek için ROC uygulandı. Ardından eğitim veri kümesine RF, KNN ve MLP olmak üzere üç farklı modelleme sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Verilerin dağılımını görebilmek için çok boyutlu veriler PCA ile iki boyuta indirgenmiştir. Sonrasında havuz tabanlı aktif öğrenme uygulanmıştır. Veri havuzunun aktif öğrenmesine dayanarak, tüm etiketsiz verilerin verildiği varsayılarak bir veri havuzu oluşturulmuştur. Aktif öğrenme algoritması iteratiftir. Etiketsiz havuzdan bir örnek seçildiğinde ve uzman etiketi sorguladığında, bu yeni etiketli örnekler eğitim setine eklenir. Model yeni eğitim setine göre güncellenir ve iterasyonlar tamamlanana kadar bir sonraki iterasyona girer. Çalışmada aktif öğrenme için sonlandırma kriteri olarak 200 belirlenmiş, 200 sorgudan sonra iterasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Aktif öğrenme sonrasında RF doğruluğu (ACC) %60'tan %87'ye yükselerek en iyi öğrenme eğrisini sağlamıştır. Diğer modellerin başarıları: KNN'nin doğruluğu %55'ten %65'e yükselmiştir. MLP'de Aktif öğrenme eğrisinin anlamlı bir fark yaratmadığı gözlemlenmiştir.

David [8], kardiyak biyobelirteç değerlerini içerecek şekilde hazırlanan bir veri kümesi (Kardiyak biyobelirteçler) üzerinde DVM, LR, CB, RF, DT, GNB, XGB ve RF'den oluşan Çoğunluk Oylamalı Topluluk Sınıflandırıcısı, veri kümesi üzerinde tekrarlı katmanlı çapraz doğrulama ile uygulamıştır. Daha sonra DT ve CB kombinasyonlarından oluşan ve LR'yi meta öğrenici olarak kullanan bir Süper Öğrenici modeli tasarlanmıştır. Süper Öğrenici modeli, diğer sınıflandırıcılarla birlikte Kardiyak biyobelirteçler, UCI Kalp Hastalığı ve Mendeley Kardiyovasküler Hastalık veri kümeleri üzerinde uygulanmış ve her üç veri kümesinde de diğer sınıflandırıcılardan daha iyi performans göstermiştir. Super Learner modelinin doğruluk (ACC) değerleri Cardiac biomarkers veri kümesinde %97,9, UCI Heart Disease veri kümesinde %88,53 ve Mendeley Cardiovascular Disease veri kümesinde %98,8'dir.

Yapay Zeka algoritmaları başarısı yüksek tahminler elde etmeleri ile giderek daha popüler hale gelse de, bu modellerin çoğu kullanıcı için kara kutu olarak kabul edilir, opaktır ve iç işleyişlerini anlamak zordur. Son günlerde uzmanlar bile topluluk modelleri veya derin öğrenme modelleri gibi karmaşık yapay zeka modellerini açıklamakta zorlanmaktadır. Doğruluk ve yorumlanabilirlik arasında büyük bir uçurum oluşmaktadır. Bu zorluğun giderilmesi ve yapay zeka sistemlerini daha şeffaf hale getirmek için XAI (eXplainable Artificial Intelligence) önerilmektedir.

Dave ve diğerleri [9], sağlık alanında avantajlı olabilecek çeşitli teknikler kullanarak açıklanabilir yapay zeka sistemlerinin anlaşılabilirliği ve yorumlanabilirliği konusunda uygulayıcıları aydınlatmayı amaçlamıştır. Kalp hastalığı veri kümeleri kullanılarak sağlık hizmetlerinde yapay zeka sistemlerini kullanırken güvenilirlik yaratmak için açıklanabilirlik tekniklerinin nasıl tercih edilmesi gerektiği açıklanmaktadır.



Sethi ve diğerleri [10], makine öğrenmesi ve açıklanabilir yapay zekâ kullanarak kardiyovasküler hastalıkları modellemiş ve tıp uzmanları için özel olarak tasarlanmış bir kullanıcı arayüzü ile entegre etmiştir. UCI Heart Disease veri kümesini kullanarak kalp hastalığı için %96,07 doğrulukla bir tahmin modeli geliştirmiştir. Model, şeffaflığa öncelik vermekte ve yapay zekâ tabanlı sağlık hizmetlerine güven oluşturmak için kararlar ve açıklamalar sunmaktadır. Özelliklerin önemini vurgulayarak, erken teşhis ve bilinçli yönetimi kolaylaştıran açıklanabilir bir yapı sağlamaktadır.

Paudel ve diğerleri [11], AdaBoost, RF, GBM, Light GBM dahil olmak üzere çeşitli sınıflandırma algoritmalarından çıkarılan tahmin özelliklerinin karşılaştırmalı bir analizini gerçekleştirmiştir. Light GBM, %99,33'lük doğruluğu ile sınıflandırma algoritmaları arasında en iyi performansı vermiştir.

### III. VERİ KÜMELERİ VE YÖNTEMLER

Çalışmanın amacı, kalp krizi tahmini için keşifçi veri analizi ile veri kümesini kapsamlı olarak analiz ederek, topluluk öğrenme tabanlı model üzerinden açıklanabilir yapay zekâ ile sonuçları ortaya koymaktır.

#### A. Veri Kümeleri

Günümüzde birçok hastane ve sağlık kuruluşu hasta verilerini toplamak için bilgi sistemleri kullanmaktadır. Bu sistemler, resimler, metinler, sayılar gibi büyük miktarda dijital veri üretir. Kalp krizi gibi hastanın yaşamının genellikle tehlikede olduğu kritik problemlerde bu verilere erişim ve çözüm için kullanımı önemlidir. Çalışma kapsamında 3 veri kümesi kullanılmıştır.

#### 1) MI (Myocardial Infarction) veri kümesi:

Kardiyoloji bölümüne kalp rahatsızlığı ile gelen 1173 hastanın kalp krizi geçirme durumlarını içermektedir. Veri kümesinde, 20 özellik, 873 adet "MI" etiketli veri, 300 adet "MI Değil" etiketli veri bulunmaktadır. Veri kümesi tanımı Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1 (Mı veri kümesi)

	Veri Tipi	Özellik	Açıklama
1	Sayısal	AGE	Yaş
2	Kategorik	SEX	Cinsiyet
3	Sayısal	GFR	Glomerüler Filtrasyon Hızı
4	Kategorik	HT	Hipertansiyon Öyküsü
5	Kategorik	DM	Diyabet Öyküsü
6	Kategorik	HL	Hiperlipidemi öyküsü
7	Kategorik	SMOKING	Sigara kullanım öyküsü
8	Kategorik	CVD_HISTORY	Ailede koroner arter hastalığı öyküsü
9	Sayısal	HEIGHT	Boy
10	Sayısal	WEIGHT	Kilo
11	Kategorik	ASA	Asetil-salisilik asit kullanımı
12	Sayısal	NEU	Nötrofil
13	Sayısal	LYM	Lenfosit

	Veri Tipi	Özellik	Açıklama
14	Sayısal	MON	Monosit
15	Sayısal	HDL	İyi kolesterol
16	Sayısal	LDL	Kötü kolesterol
17	Sayısal	TG	Trigliserit
18	Sayısal	T_CHOLESTEROL	Toplam kolesterol
19	Kategorik	BB	Beta Blocker kullanımı
20	Kategorik	MI_TARGET	MI tahmini (çıktı)

#### 2) Cleveland veri kümesi:

UCI Heart Disease Cleveland veri kümesi 76 özelliğe sahip 303 örnekten oluşmaktadır. Yapılan araştırmalar doğrultusunda, bu veri kümesi üzerinde yayımlanan çalışmaların büyük bir bölümü, çıktı sınıfı açısından ilişkili nitelikler oldukları için bu 14 özelliği kullanmıştır. Bu öznelikler, UCI deposu tarafından özel olarak belirtilir [12]. Belirtilen özelliklerin seçilmesinin ana nedeni, belirli bir hasta için kalp hastalığını tahmin ederken bu özelliklerin en önemli olarak kabul edilmesidir. Çalışmada bu 14 özellik seçilmiş olup tanımı Çizelge 2'de yer almaktadır.

Çizelge 2 (Cleveland veri kümesi)

	Veri Tipi	Özellik	Açıklama
1	Sayısal	age	Yaş
2	Kategorik	sex	Cinsiyet
3	Kategorik	cp	Göğüs ağrısı
4	Sayısal	trestbps	Kan basıncı/tansiyon
5	Sayısal	chol	Kolesterol
6	Kategorik	lbs	Açlık kan şekeri
7	Kategorik	restecg	EKG
8	Sayısal	thalach	Kalp Atış Hızı
9	Kategorik	exang	Egzersiz Kaynaklı Anjina
10	Sayısal	oldpeak	Egzersiz kaynaklı ST depresyonu
11	Kategorik	slope	ST segmentinin eğimi
12	Sayısal	ca	Renklendirilen ana damar sayısı
13	Kategorik	thal	Talyum stres testi
14	Kategorik	MI	MI tahmini (çıktı)

#### 3) Framingham veri kümesi:

Framingham Kalp Çalışması (FHS), Framingham'da 1948'de 5.209 erkek ve kadınla başlayan epidemiyolojik bir çalışmadır. O zamandan beri FHS, yaklaşık 15.000 katılımcıdan elde edilen biyolojik örnekler ve verilerle sonuçlanan üç kuşak katılımcı üzerinde çalışmıştır. Klinik ve genetik olarak iyi karakterize edilmiş popülasyon, Boston Üniversitesi ve NHLBI'nin ortak idaresi altında sürdürülmektedir. NIH - Framingham Heart Study veri kümesi, Kaggle web sitesinde halka açıktır ve Massachusetts, Framingham kasabası sakinleri üzerinde devam eden bir

kardiyovasküler çalışmadan alınmıştır. Sınıflandırmanın amacı, hastanın 10 yıllık gelecekte koroner kalp hastalığı (KKH) riski taşıyıp taşımadığını tahmin etmektir. Veri kümesi hastaların bilgilerini sağlar. 4.000'den fazla kayıt ve 16 özellik içermektedir [13]. Veri kümesi tanımı Çizelge 3'de yer almaktadır.

Çizelge 3 (Framingham veri kümesi)

	Veri Tipi	Özellik	Açıklama
1	Sayısal	age	Yaş
2	Kategorik	sex	Cinsiyet
3	Kategorik	education	Eğitim
4	Kategorik	current smoker	Sigara kullanım durumu
5	Sayısal	cigs per day	Günlük sigara sayısı
6	Kategorik	bp beds	Tansiyon ilacı kullanımı
7	Kategorik	prevalent stroke	Önceden felç geçirme durumu
8	Kategorik	prevalent hyp	Yüksek tansiyon
9	Kategorik	Diabetes	Diyabet hastalığı
10	Sayısal	Tot Chol	Toplam kolesterol
11	Sayısal	Sysbp	Sistolik kan basıncı
12	Sayısal	Dia BP	Diyastolik kan basıncı
13	Sayısal	BMI	Vücut kitle endeksi
14	Sayısal	Heartrate	Kalp hızı
15	Sayısal	Glucose	Glikoz seviyesi
16	Kategorik	Tenyearchd	10 Yıllık Koroner Kalp Hastalığı Riski

## B. Yöntemler

### 1) Keşifsel Veri Analizi (EDA):

Keşifsel veri analizi, her türlü araştırma analizinde önemli bir adımdır. Keşifsel analizin birincil amacı, hipotezinizin belirli testlerini yönlendirmek için verileri dağılım, aykırı değerler ve anormallikler açısından incelemektir. Ayrıca, verileri genellikle grafiksel gösterim yoluyla görselleştirerek ve anlayarak hipotez oluşturma araçları sağlar. Çalışmada, keşifsel veri analizi ile MI veri kümesi detaylı olarak analiz edilerek veri ön işleme adımı ile çift yönlü besleme sağlanmıştır. Kategorik değişkenlerin sınıflara göre adet ve oranları, sayısal değişkenlerin betimsel istatistik ve histogram analizi, kategorik ve sayısal değişkenlerin hedef değişken ile ilişkisi, sayısal değişkenlerin korelasyon analizi, yeni değişkenlerin türetilerek etkilerinin analizi gibi işlemler gerçekleştirilmiştir.

### 2) Topluluk Öğrenme Modeli:

Son yıllarda, makine öğrenmesinde topluluk öğrenme sistemleri olarak tanımlanan çoklu sınıflandırıcı sistemleri etkili bir rol oynamaktadır ve geniş bir problem yelpazesinde çok yönlü uygulanmalardır. Topluluk, sınıflandırma modelinin tahmin gücünü ve kararlılığını artırmak için çeşitli öğrencileri bir araya getirme yapısıdır. Bir sınıflandırma modelinin tahmin doğruluğunu artırmanın güçlü bir yoludur. Çalışmada, temel sınıflandırıcı olarak, LR, SVC, CART, RF, Adaboost, GBM, XGBoost ve CatBoost algoritmaları

kullanılmıştır. Topluluk öğrenmesi kapsamında, oylamaya göre ilk 3 algoritma seçilerek final model oluşturulmuştur.

### 3) Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI):

Açıklanabilir Yapay Zeka, Yapay Zeka kararlarının yüksek kalitede yorumlanabilir, sezgisel, insan tarafından anlaşılabilir açıklamalarını üretebilen bir dizi araç, teknik ve algoritmayı teşvik eden bir Yapay Zeka alanıdır. Çalışmada, girdi özelliklerinin bir modelin çıktısına ne kadar katkıda bulunduğunu not eden Özellik tabanlı model açıklanabilirlik teknikleri araştırılmıştır. Local Interpretable Model-Agnostic Explanations (LIME) ve SHapley Additive exPlanations (SHAP) yöntemleri uygulanmıştır.

### 4) Performans Metrikleri:

*Accuracy (Doğruluk):* Doğruluk, bir sınıflandırma modelinin doğru tahminlerinin yüzdesidir.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

*Precision (Kesinlik):* Kesinlik, bir sınıflandırma modelinin pozitif olarak tahmin ettiği örneklerin gerçekten pozitif olduğu oranıdır.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

*Recall (Duyarlılık):* Duyarlılık, gerçek pozitif örneklerin ne kadarının pozitif olarak tahmin edildiğidir.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

*F1-Score (F1 Skoru):* F1 skoru, bir testin doğruluğunun bir ölçüsü olup kesinliğin ve duyarlılığın harmonik ortalamasıdır.

$$F1-Score = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

*ROCAUC:* ROC bir olasılık eğrisidir ve altında kalan alan olan AUC ayrılabilirliğin derecesini veya ölçüsünü temsil eder.

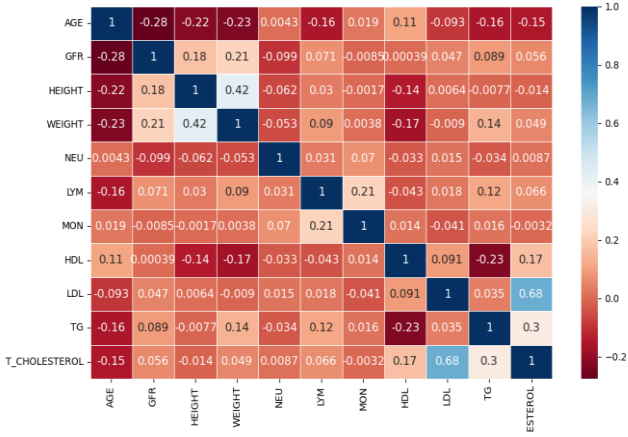
## IV. BULGULAR

Topluluk öğrenme modeli, Python 3.11.8 üzerinde geliştirilmiştir. Model, 3 veri kümesine uygulanmıştır: MI veri kümesi, Cleveland veri kümesi, Framingham veri kümesi. MI veri kümesi toplam 1173 hasta örneğine sahiptir ve 873 veri kalp hastalığı varlığına, 300 adet veri kalp hastalığı yokluğuna aittir.

Çalışmanın ana amacı, geliştirilen modelin MI veri kümesine uygulanması ile elde edilen sonuçların, Cleveland ve Framingham veri kümelerine uygulanması ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmasıdır.

MI veri kümesinin ısı haritası Şekil 1'de yer almaktadır. LDL ile T\_CHOLESTROL arasında orta şiddette pozitif korelasyon (0.69), WEIGHT ile HEIGHT arasında orta şiddette pozitif korelasyon (0.42) bulunmaktadır. Bu durum sezgilerimize uygundur, kötü huylu kolesterol (LDL) arttıkça

toplam kolesterolün (T\_CHOLESTROL) artması ve boy (HEIGHT) arttıkça kilonun (WEIGHT) artması beklenir.



Şekil 1. MI veri kümesi ısı haritası.

Model, 10 kat çapraz doğrulama ile eğitilmiş ve veri örnekleriyle test edilmiştir. MI veri kümesine uygulanan temel sınıflandırıcıların performans metrikleri sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir.

	accuracy	precision	recall	f1	roc_auc
LR	0.9071	0.9245	0.953	0.9385	0.9521
SVC	0.9054	0.9062	0.9737	0.9387	0.9563
CART	0.8534	0.9037	0.8958	0.8989	0.8028
RF	0.9182	0.9128	0.9794	0.9479	0.9621
Adaboost	0.913	0.9358	0.9485	0.9419	0.9618
GBM	0.9275	0.9348	0.9691	0.9522	0.966
XGBoost	0.913	0.9327	0.9519	0.9421	0.9646
CatBoost	0.9267	0.9311	0.9737	0.9519	0.969

Şekil 2. MI veri kümesi – temel sınıflandırıcıların performans ölçümleri

Topluluk öğrenme modeli için roc auc metriği en yüksek olan 3 temel sınıflandırıcı: CatBoost, GBM ve XGBoost seçilmiştir, roc auc sonuçları sırasıyla 0.969, 0.966 ve 0.9646'dır.

CatBoost, GBM ve XGBoost oylama yöntemi ile topluluk öğrenme modeline seçilip elde edilen modelin roc auc sonucu 0.9784'tür (Şekil 3).

	accuracy	precision	recall	f1	roc_auc
GBM	0.9275	0.9348	0.9691	0.9522	0.966
XGBoost	0.913	0.9327	0.9519	0.9421	0.9646
CatBoost	0.9267	0.9311	0.9737	0.9519	0.969
Voiting Classifier	0.9449	0.9502	0.9833	0.9602	0.9784

Şekil 3. MI veri kümesi – topluluk öğrenme modeli performans ölçümleri

Cleveland veri kümesine uygulanan temel sınıflandırıcıların performans metrikleri sonuçları Şekil 4'de gösterilmiştir.

	accuracy	precision	recall	f1	roc_auc
LR	0.8383	0.8579	0.7849	0.8157	0.8976
SVC	0.6172	0.6405	0.374	0.472	0.6963
CART	0.7129	0.6794	0.6984	0.701	0.689
RF	0.8053	0.8333	0.7487	0.7829	0.8943
Adaboost	0.7921	0.8013	0.7276	0.7593	0.8501
GBM	0.7954	0.815	0.7419	0.7686	0.8795
XGBoost	0.7855	0.7872	0.7564	0.7629	0.8907
CatBoost	0.8119	0.8246	0.7561	0.786	0.9004

Şekil 4. Cleveland veri kümesi – temel sınıflandırıcıların performans ölçümleri

Topluluk öğrenme modeli için roc auc metriği en yüksek olan 3 temel sınıflandırıcı: CatBoost, LR ve RF seçilmiştir, roc auc sonuçları sırasıyla 0.9004, 0.8976 ve 0.8943'tür.

CatBoost, LR ve RF oylama yöntemi ile topluluk öğrenme modeline seçilip elde edilen modelin roc auc sonucu 0.9151'dir (Şekil 5).

	accuracy	precision	recall	f1	roc_auc
LR	0.8383	0.8579	0.7849	0.8157	0.8976
RF	0.8053	0.8333	0.7487	0.7829	0.8943
CatBoost	0.8119	0.8246	0.7561	0.786	0.9004
Voiting Classifier	0.8986	0.8720	0.8489	0.8733	0.9151

Şekil 5. Cleveland veri kümesi – topluluk öğrenme modeli performans ölçümleri

Framingham veri kümesine uygulanan temel sınıflandırıcıların performans metrikleri sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir.

	accuracy	precision	recall	f1	roc_auc
LR	0.85	0.6316	0.0388	0.0722	0.6526
SVC	0.8486	0.2222	0.0062	0.0121	0.6368
CART	0.7608	0.2585	0.2997	0.2691	0.5735
RF	0.8481	0.4109	0.0528	0.1026	0.6924
Adaboost	0.8467	0.4816	0.0901	0.1514	0.6946
GBM	0.8458	0.4675	0.0808	0.1417	0.7039
XGBoost	0.8351	0.3794	0.1398	0.204	0.6463
CatBoost	0.8446	0.4304	0.0745	0.1268	0.6997

Şekil 6. Framingham veri kümesi – temel sınıflandırıcıların performans ölçümleri

Topluluk öğrenme modeli için roc auc metriği en yüksek olan 3 temel sınıflandırıcı: GBM, CatBoost ve Adaboost seçilmiştir, roc auc sonuçları sırasıyla 0.7039, 0.6997 ve 0.6946'dır.

GBM, CatBoost ve Adaboost oylama yöntemi ile topluluk öğrenme modeline seçilip elde edilen modelin roc auc sonucu 0.7241'dir (Şekil 7).

	accuracy	precision	recall	f1	roc_auc
Adaboost	0.8467	0.4816	0.0901	0.1514	0.6946
GBM	0.8458	0.4675	0.0808	0.1417	0.7039
CatBoost	0.8446	0.4304	0.0745	0.1268	0.6997
Voiting Classifier	0.8471	0.4904	0.1160	0.1709	0.7241

Şekil 7. Framingham veri kümesi – topluluk öğrenme modeli performans ölçümleri

MI veri kümesine uygulanan topluluk modelinin roc auc başarısı, Şekil 8'de gösterildiği gibi, Cleveland ve Framingham veri kümeleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 8'de MI veri kümesine uygulanan topluluk öğrenme modelinin %97,84'lük başarıya ulaştığı, Cleveland veri kümesi %91,51 ve Cleveland veri kümesine %72,41 sonuçlarından daha yüksek olduğu görülebilir.

	roc_auc	Voiting Classifier
MI_Dataset	0.9784	GBM + XGBoost + CatBoost
Cleveland_Dataset	0.9151	LR + RF + CatBoost
Framingham_Dataset	0.7241	Adaboost + GBM + CatBoost



Şekil 8. MI, Cleveland ve Framingham veri kümeleri – topluluk öğrenme modeli performans ölçümleri

## V. SONUÇ

Çalışma, topluluk öğrenmesi modeli kullanarak bir hastada kalp krizi için doğru ve güvenilir bir tahmin modeli geliştirmeye odaklanmaktadır. Çalışmada, gerçek hasta verilerini içeren MI veri kümesi, UCI veri deposunda yer alan Heart Disease Cleveland veri kümesi ve Framingham Kalp Çalışması veri deposunda yer alan Framingham veri kümesi kullanılmıştır. Veri kümeleri, veri kümesi analizinin model başarısına katkısı göz önüne alınarak keşifsel veri analizi ile detaylı olarak değerlendirilmiştir. Topluluk öğrenme modeli için 8 temel sınıflandırıcı (LR, SCV, CART, RF, Adaboost, GBM, CGBoost ve CatBoost) roc auc skoruna göre değerlendirilmiş ve en iyi performans gösteren üç temel sınıflandırıcının çıktılarını birleştirmek için çoğunluk oylama kuralı uygulanmıştır. Model çıktıları açıklanabilir yapay zeka yöntemleri ile şeffaflaştırılmıştır. MI veri kümesine uygulanan topluluk modeli, %97,84'lük roc auc başarısına ulaşmıştır.

Çalışmanın ana amacı, geliştirilen modelin MI veri kümesine uygulanması ile elde edilen sonuçların, Cleveland ve Framingham veri kümelerine uygulanması ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmasıdır. Bununla birlikte, iyileştirme için alanlar vardır. Hastayı doğru bir şekilde teşhis ve tedavi etmek için, önerilen yöntemin daha fazla klinik özellik içeren daha büyük bir veri kümesi üzerinde test edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, hasta verilerinin elektronik ortamda toplanmasındaki ilerlemeyle birlikte, kardiyologların kritik kararlar almasına destek olacak bir uzman tanı ve uyarı sistemi ve hastaların verilerindeki kritiklik seviyelerine göre almaları gereken aksiyonlar için öneri sistemi entegre edilebilir.

## KAYNAKÇA

- [1] “Dünya Sağlık Örgütü | Haber Merkezi | Bilgi Sayfaları | Kardiyovasküler Hastalıklar.” [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (Ziyaret Tarihi 24 Ağustos 2024).
- [2] “TC Sağlık Bakanlığı | Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü | Türkiye Kalp ve Damar Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı 2021-2026.” <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kronik->

[hastaliklar-ve-yasli-sagligi-db/Dokumanlar/Kitaplar/KalpDamarEylemPlanı 2021-2026.pdf](https://www.nhlbi.nih.gov/health/heart-attack) (Ziyaret Tarihi 24 Ağustos 2024).

- [3] “Ulusal Kalp, Akciğer ve Kan Merkezi | Sağlık Başlıkları | Kalp Krizi.” <https://www.nhlbi.nih.gov/health/heart-attack> (Ziyaret Tarihi 24 Ağustos 2024).
- [4] Sulthana, A.R. and Jaithunbi, A.K., 2022. Varying combination of feature extraction and modified support vector machines based prediction of myocardial infarction. *Evolving Systems*, pp.1-18.
- [5] Wu, F.H., Lai, H.J., Lin, H.H., Chan, P.C., Tseng, C.M., Chang, K.M., Chen, Y.F. and Lin, C.S., 2022. Predictive models for detecting patients more likely to develop acute myocardial infarctions. *The Journal of Supercomputing*, 78(2), pp.2043-2071.
- [6] Waqar, M., Dawood, H., Dawood, H., Majeed, N., Banjar, A. and Alharbey, R., 2021. An efficient SMOTE-based deep learning model for heart attack prediction. *Scientific Programming*, 2021.
- [7] Yuan, P., 2021, September. Research on predicting heart attack through active learning. In *2021 2nd International Conference on Big Data & Artificial Intelligence & Software Engineering (ICBASE)* (pp. 12-18). IEEE.
- [8] David, V.K., 2021. Super Learner Model in Prediction of Heart Attack Based on Cardiac Biomarkers. *Indian Journal of Computer Science and Engineering*.
- [9] Dave, D., Naik, H., Singhal, S., & Patel, P. (2020). Explainable ai meets healthcare: A study on heart disease dataset. arXiv preprint arXiv:2011.03195.
- [10] A. Sethi, S. Dharmavaram and S. K. Somasundaram, "Explainable Artificial Intelligence (XAI) Approach to Heart Disease Prediction," 2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence For Internet of Things (AIIoT), Vellore, India, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/AIIoT58432.2024.10574635.
- [11] Paudel, P., Karna, S. K., Saud, R., Regmi, L., Thapa, T. B., & Bhandari, M. (2023, December). Unveiling Key Predictors for Early Heart Attack Detection using Machine Learning and Explainable AI Technique with LIME. In *Proceedings of the 10th International Conference on Networking, Systems and Security* (pp. 69-78).
- [12] “UCI Makine Öğrenme Deposu | Veri Kümeleri | Kalp Hastalıkları veri kümesi.” <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Heart+Disease> (Ziyaret Tarihi 24 Ağustos 2024).
- “Ulusal Kalp, Akciğer ve Kan Merkezi | Çalışmalar | Framingham veri kümesi.” <https://biolincc.nhlbi.nih.gov/studies/framcohort/> (Ziyaret Tarihi 24 Ağustos 2024)

# AĞAÇ SAĞLIĞI DEĞERLENDİRMESİ VE ERKEN UYARI İÇİN GELİŞMİŞ YAPAY ZEKA TABANLI FRAMEWORK

Nina AALAMI<sup>1,\*</sup>, Taşkın KIZIL<sup>2</sup>, Nevcihan DURU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ICT, Bewell Teknoloji, Eskisehir, 26110, Türkiye, **ORCID**: 0000-0002-7768-1380

<sup>2</sup> ICT, Bewell Teknoloji, Eskisehir, 26110, Türkiye

<sup>3</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41274, Türkiye, **ORCID**: 0000-0003-2154-7067

## Article Info

## Abstract

### Oral Presentation

### Keywords

Orman Yönetimi  
Derin Öğrenme  
Makine Öğrenme  
Yapay Zeka  
Hasas Tarım  
Optik Sensorler  
SaaS Platform  
Hastalık tespiti  
Elma Ağaçları  
Üzüm Bağları  
Görüntü İşleme  
Yolo v8  
Yolo v5  
CNN  
Siniflandırma

İklim değişikliği ve değişen düzenlemeler nedeniyle, meyve bahçesi çiftçileri, orman yöneticileri ve tarımsal paydaşlar, bitki hastalıkları ve anomalilerinin hızlı tespiti ve yönetimi için yenilikçi araçlara ihtiyaç duymaktadır. İnsan değerlendirmesine dayanan geleneksel hastalık izleme yöntemleri, ulaşılması zor yerler, uzman değerlendirmesine duyulan ihtiyaç ve tutarsız sonuçlar gibi zorluklarla sınırlıdır. Bu kısıtlamalar, özellikle istilacı türler ve patojenler karşısında zamanında müdahale edilmesini engellemektedir. Derin öğrenmeyle desteklenen hassas tarım ve ormancılık araçlarının kullanımı, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın hedefleri ve ilişkili stratejileriyle uyumlu olarak çevresel etkiyi ve mali kayıpları azaltmak için umut verici bir çözüm sunuyor. İnsansız hava araçlarından (İHA) uydulara kadar çeşitli platformlarda kullanılan yapay zeka (YZ) ve optik sensörlerdeki son gelişmeler, ağaç sağlığının otomatik ve etkili bir şekilde izlenmesini mümkün kılıyor. Bu proje, bitkiler için yapay zeka tabanlı erken hastalık tespiti ve izlemeyi birleştiren, kullanıcı dostu bir SaaS platformunun geliştirilmesini öneriyor. İlk olarak elma ve üzüm bahçelerini etkileyen yaygın hastalıklara odaklanarak, drone kullanarak veri toplamaya başladık. Veri toplama ve işleme aşamalarında, detaylı olarak ele alınacak olan çeşitli zorluklarla karşılaştık. Araştırmamız daha sonra hastalık teşhisi için derin öğrenme modellerinin uygulanmasına yoğunlaştı ve evrişimli sinir ağları (CNN'ler – Başarı oranı 78%) kullanılarak sağlıklı ve sağlıklı ağaçların sınıflandırılmasına yönelik geliştirilmiş bir yaklaşımla sonuçlandı. Son olarak ağaç hastalıklarının tespiti için YOLO v5 ve v8 modellerinin performansını da inceledik; sağlıklı ağaçlar için %45, sağlıklı ağaçlar için ise %56 Precision-Recall Curve scores elde eden YOLO v8 en başarılı model olarak ortaya çıktı. Bu bulgular, gelecekteki çalışmalara bilgi sağlayabilecek, kritik tarımsal sorunları ele almak ve ürün sağlığı izleme sistemleri geliştirmek için derin öğrenme tekniklerinin uygulanmasını destekleyebilecek değerli bilgiler sunmaktadır.

\*Corresponding Author E-mail : nina.aalami@bewelltech.com.tr.

## I. GİRİŞ

İklim değişikliği, yeni düzenlemelerin ortaya çıkmasıyla birleince, meyve bahçesi çiftçilerini, orman töneticilerini ve genel olarak çiftçileri bitki hastalıklarını tespit etmek ve tedavi etmek için yeni yollar aramaya yöneltti. Temel olarak insan gözlemine dayanan geleneksel yöntemler kullanılarak hastalık tespiti, genellikle erişilemeyen hedef alanlar, uzman görüşüne bağımlılık ve sonuçlardaki farklılıklar nedeniyle, özellikle istilacı türlere ve patojenlere karşı hızlı müdahaleyi zorlu bir görev haline getirerek zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Hassas tarım ve hassas ormancılığın yapay zeka ile birlikte kullanılması, Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefleri doğrultusunda çevresel zararların ve ekonomik etkinin azaltılmasını sağlamalıdır. Yapay zeka ve optik sensörler (insansız hava araçları veya uydular gibi platformlarda) son gelişmeler, otomatik ve etkili bir ağaç izleme sistemine olanak tanır. Bu proje şu anda yapay zeka aracılığıyla bitki hastalıklarının erken teşhisini ve takibini destekleyen kullanımı kolay bir SaaS yazılımı oluşturmaya odaklanıyor.

Taslağın formatını değiştirmeyiniz. Bu yayın tek başına bir doküman değildir, bir derginin parçası olarak basılacaktır. Başlangıçta drone yardımıyla üzüm bağları ve elma bahçelerinden veri toplamaya odaklandık ancak veri toplama ve işleme aşamasında çeşitli zorluklarla karşılaştık. Topladığımız görüntülerin sağlıklı ve sağlıklı bölgelerini tespit etmek ve bir genel bakış oluşturmak için "Sequential" mimariye sahip CNN neural network modellerinden faydalandık. CNN sınıflandırıcıları sağlıklı ve hasta ağaçlar

arasında ayırım yapmada %78'lik bir doğruluğa ulaştık. Ağaç hastalıklarını teşhis etmek için YOLO gibi nesne algılama modelleri kullandık. Verileri hem YOLO v5 hem de YOLO v8 ile analiz ettikten sonra, YOLO v8'in en iyi performansı gösterdiğini, sağlıklı ağaçlar için %45 ve hasta ağaçlar için %56'lık bir Precision-Recall Curve puanı elde ettiğini bulduk. Bu bulgular gelecekteki araştırmalar için önemli içgörüler sunuyor ve derin öğrenmenin mahsul sağlığı izleme de dahil olmak üzere önemli tarımsal sorunları ele almadaki potansiyelini vurguluyor.

## II. YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Çalışmaya başlamadan ve veri toplamadan önce gerekli tüm gereksinimler kontrol edildi.

Sarıçiçek (Önder Çiftçi Üretim ve Pazarlama Kooperatifi bir şirkettir.) ile yaptığımız görüşmelere göre en somut hastalıkların üzüm bahçelerinde ve elma ağaçlarında görülebildiği tespit edildi. Elma ve üzüm Türkiye'de iki değerli üründür. 2014 yıl itibaren yaklaşık 1,800,000 dekarlık bir alandan 2,500,000 ton elma üretmekte olup bu üretimin %4ü ihraç edilmektedir. Dünyada elme üreticilerin arasında önce çindir sonra Amerika, Türkiye üçüncü ülkedir.

Üzüm üretiminin ekonomik önemi elmanınkiyle aynıdır. Üzüm diğer meyvelere göre en çeşitli türlerden biridir. Türkiye'de üzüm yetiştiriciliğine baktığımızda 10,000'un üzerinde üzüm çeşidinin olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de bağcılığa baktığımızda her ilin tarımsal ürün deseninde en az %1'lik bağ alanına sahip olduğu

görülmektedir. Türkiye üzüm üretiminde dünyada altıncı sırada yer alıyor.

## A. Elma Ağaçlarında Yaygın Hastalıklar

### 1) *Panonychus Ulmi* (European red mite)

Elma ağacının yaygın hastalıklarından biri Meyve ağacı kırmızı akarı esas olarak yaprakların alt taraflarından beslenir, ancak alt taraflar kalabalıklaştığında yaprakların üst yüzeyine hareket eder. Yumurtalar koyu kırmızı ve ovaldir, çapı yaklaşık 0,15 mm'dir, üstten alta küçük sırtlar ve üstte ince bir sap bulunur (Şekil 1). Yumurtadan yetişkine gelişim daha yüksek sıcaklıklarda daha hızlı gerçekleşir ve 21°C'de yaklaşık iki hafta sürer, bu nedenle bir yılda birkaç nesil gelişebilir. *Panonychus ulmi*, Avrupa kırmızı akarı, meyve ağaçlarına önemli zararlar veren bir akar türüdür. Üreme hızı yüksektir ve üreme süresi kısadır. Bu hastalık ortaya çıkması için gereken koşulları Çizelge 1'de görebilirsiniz.

Çizelge 1. *Panonychus Ulmi* Hastalığının oluşması için gereken koşullar

Ortaya çıkar Gün sayısı	21
Hava sıcaklığı	20 °C'nin üstünde
Nem yüzdesi	65 ± 5 %



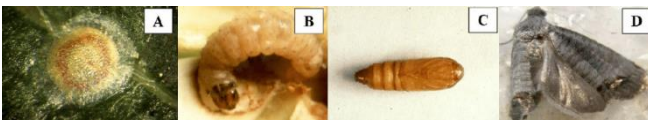
Şekil 1. *Panonychus Ulmi* hastalığı

### 2) *Codling moth*

Elma ağaçlarında en sık görülen ikinci hastalık Codling moth'dür (Şekil 2). Yetişkinlerin kanat açıklığı 15-22 mm'dir, kül griyle kaplı siyahimsi kahverengi ön kanatları vardır ve arka kısımda büyük, metalik, bronz-siyah basit bir göz bulunur. Arka kanatlar kahverengidir. Yumurtalar yaklaşık 1,3 x 1,0 mm'dir ve bırakıldıklarında beyazimsi renktedir. Daha sonra, gelişen embriyo kırmızı bir halka olarak görülür. Larvalar 20 mm uzunluğundadır, başlangıçta beyazimsi ve sonra soluk pembemsi beyazdır, kahverengi bir baş ve soluk anal plakalara sahiptir. Pupa 8-10 mm uzunluğundadır, sarımsı kahverengiden koyu kahverengiye kadar değişir ve ucunda birkaç kanca uçlu kıl bulunur. Bu hastalık ortaya çıkması için gereken koşulları Çizelge 2'de görebilirsiniz.

Çizelge 1. *Codling moth* Hastalığının oluşması için gereken koşullar

Hava sıcaklığı	15 °C'nin üstünde
Nem yüzdesi	60-80%



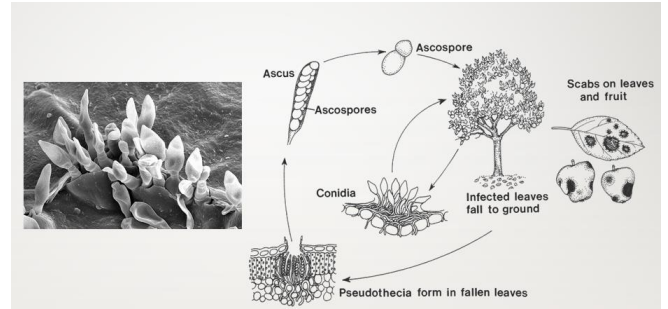
Şekil 2. *Codling moth* hastalığı

### 3) *Venturia Inaequalis*

Elma ağaçlarının üçüncü ve son yaygın hastalığı *Venturia Inaequalis*'tir (Şekil 3). *Venturia inaequalis*, enfekte olmuş ve düşmüş yapraklar ve dallar üzerindeki lezyonlarda olgunlaşmamış sporokarlar olarak kış uykusuna yatar. Bu olgunlaşmamış sporokarlar veya pseudotesyumlar kışın olgunlaşır ve askosporlar oluşturur. Sıcaklığa bağlı olarak, bu askosporlar olgunlaşır ve daha sonra ıslakken serbest kalırlar. Bu hastalık ortaya çıkması için gereken koşulları Çizelge 3'de görebilirsiniz.

Çizelge 3. *Venturia Inaequalis* Hastalığının oluşması için gereken koşullar

Çimlenme	- 6°C ve 26°C
Büyüme	-18°C ve 24°C
Yaprak ıslaklığı	-9 saat



Şekil 3. *Venturia Inaequalis* hastalığı

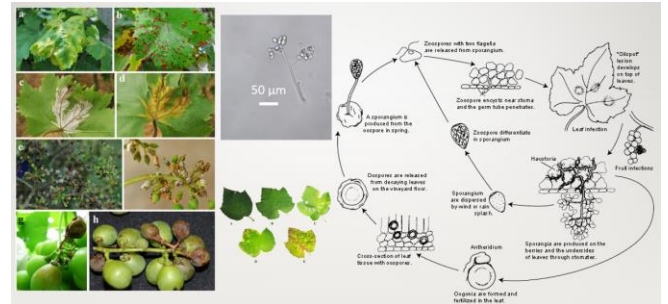
## B. Üzüm Bağlarda Yaygın Hastalıklar

### 1) *Plasmopara Viticola*

Bağlarda iki tür hastalık çok yaygındır, birincisi *Plasmopara Viticola*'dır (Şekil 4). Hücreler arası gelişir, çok çekirdekli miselyumu 8-10 µm çapındadır ve 4-10 µm çapında yuvarlak emiciler taşır. Bu emiciler konak hücreye girer ve onların beslenmesini sağlar. Hastalık etkeni agamogenez ve amfigenezdir. Bu hastalık ortaya çıkması için gereken koşulları Çizelge 4'de görebilirsiniz.

Çizelge 3. *Venturia Inaequalis* Hastalığının oluşması için gereken koşullar

Ortaya çıkar Gün sayısı ve Hava sıcaklığı	15°C'de 8-9 gün 20°C'de 5 gün 25°C'de 4 gün
Yaşamak için sıcaklık aralığı	6°C ile 30°C arasında



Şekil 4. *Plasmopara Viticola* hastalığı



## 2) *Fomitiporia mediterraneaola*

Bağda görülen ikinci ve son yaygın hastalık ise *Fomitiporia mediterraneaola*'dır (Şekil 5). Özellikle yaşlı asmalarda sorun yaratan bu hastalık, "Kara kızamık, Apoplexy, Esca, Folletage, Beyaz kök, Esca proper, Asma düşüşü, Güneş çarpması" gibi farklı isimlerle bilinmektedir. Hastalık tablosunun başlıca nedeni, patojenlerin ürettiği lakkaz ve peroksidaz enzimlerinin asma odun dokusundaki lignini ve dolayısıyla suyu yok etmesidir. İletimin kesintiye uğraması sonucu solma, büyüme geriliği ve hatta yeşil kısımların kuruması belirtileri görülür. Belirtiler asmanın tamamında veya sadece bir kısmında ortaya çıkabilir. Hastalığın iki belirti tipi vardır. İlk başta hastalık kroniktir ve yapraklarda belirtilerle kendini gösterir. İkincisinde akutur ve asma aniden ölür. Buna apoplexy (felç) denir.



Şekil 5. *Fomitiporia mediterraneaola* hastalığı

### III. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

#### A. Veri Toplama

Hangi hastalıklar üzerinde çalışacağımız belirlendikten sonra veri toplamaya başladık. Genel olarak haftada bir kez drone ile üç alandan (iki alan elma bahçesine, bir alan üzüm bahçesine) veri toplanmaktadır. Toplanan verilerin detaylarını 4. çizelgede görebilirsiniz. İlk başta drone uçuşunun yüksekliği 50 metre olarak düşünülmüştü ancak görüntülerin kalitesi ve netliği yetersiz olduğu için 30 metre yükseklikten görüntü toplanmasına karar verildi. Drone'un tüm özelliklerini 6.şekil de görebilirsiniz.

Çizelge 4. Toplanan verilerin detayları

Alan adı	Hektar	Toplanan fotoğraf sayısı	Drone Hızı
Üzümbağları	0.42	54	6.9 m/s
Elam 1.lokasyon	0.24	30	5 m/s
Elam 2.lokasyon	2.96	379	7 m/s



Şekil 6. Veri toplanmak için kullanılan drone – Model : DJI P4 Multispektral

Drone verileri TIF ve JPG olmak üzere iki formatta toplanan multispektral bir kameraya sahiptir.

#### 1) RGB:

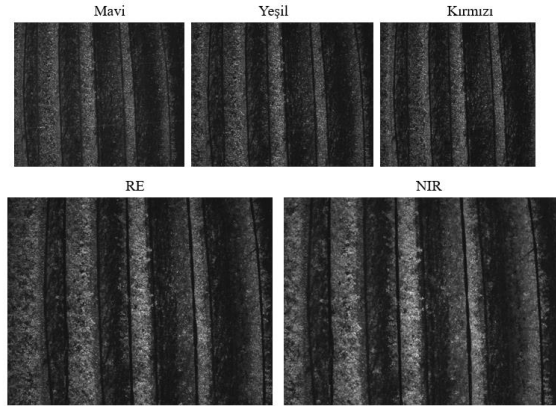


Şekil 7. RGB

#### 2) TIFF

Bu görüntü formatında aşağıdaki gibi 5 bant bulunmaktadır (Şekil 8).

- 1.Band – Mavi
- 2.Band – Yeşil
- 3.Band – kırmızı
- 4.Band – RE
- 5.Band – NIR



Şekil 8. TIFF formatında olan 5 band

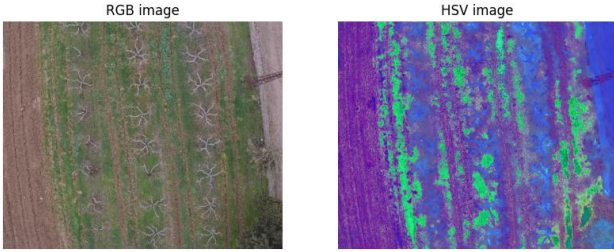
Toplanan veriler bulut tabanlı bir veri ambarında depolanıyor, böylece teknoloji sağlayıcı iş ortaklarımız verilere ihtiyaç duydukları her yerden ve kolayca ulaşabiliyor.

#### B. Veri Ön işleme

Görüntü ön işleme, özellikle makine öğrenimi ve bilgisayarlı görme görevleri bağlamında, ham verilerin analize hazırlanmasında kritik bir adımdır. Ön işleme, giriş verilerini standartlaştırarak modellerin doğruluğunu ve performansını artırmaya yardımcı olur. Bu projede kullandığımız görüntü ön işleme yöntemleri Resizing, Normalizing, Color Space Conversion ve Noise reduction içermektedir.

## 1) Color Space Conversion<sup>1</sup>

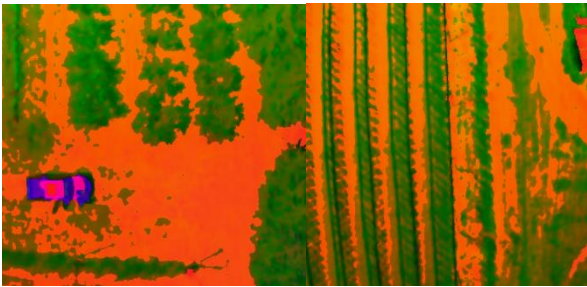
Renk alanı dönüşümü, bir görüntünün analiz, görselleştirme veya işleme verimliliğini artırmak için bir renk alanından diğerine dönüştürüldüğü görüntü işleme ve bilgisayarlı görüşte temel bir işlemidir. RGB, HSV ve LAB gibi farklı renk alanları, renk bilgilerini farklı şekillerde temsil eder ve her biri belirli uygulamalar için uygundur. Bu projede, görüntülerin bileşenlerini mümkün olduğunca iyi görüntüleyebilmek ve daha doğru ve güvenilir bir segmentasyon oluşturabilmek için HSV yöntem kullandık (Şekil 9).



Şekil 9. HSV modeli

- Yeşil alanlar : genelde ışık şiddet 120 derece civarında olur buda RGB de yeşil alanlar HSV de benzer bir tona eşliyor
- More alanlar: bu alanlarda genelde 300 derece civarlarında olur bu bölümlerde genelde çıplak zemin veya stresli bitki örtüsünü gösterir
- Mavi alanlar: genelde 240 derece civarında olur göl su veya toprak gibi alanları temsil eder
- Diğer renkler: bitki örtüsü sağlığı veya arazının diğer özelliklerini gösterir.

Renklerin karmaşıklığını azaltmak için yalnızca yeşil ve arka plan alanlarını alan bir threshold belirledik (Şekil 10).



Şekil10. Belirlenen eşikçe göre yeşil alanlar dışında diğer tüm alanlar arka plan olarak değerlendirilmiştir.

## 2) Image Normalization<sup>2</sup>

Makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerinin performansını artırmak için normalizasyon adı verilen başka bir ön işleme yöntemi kullandık. Görüntülerin piksel değerlerini 0-1 arasında Min-Max scaling yöntemini kullanarak değiştirdik (Şekil 11).

```
image = cv2.imread("01 (7).JPG")
print ("Image data before normalize:\n", image)

Image data before Normalize:
[[[122 125 153]
 [119 121 149]
 [114 117 145]
 ...
 [152 143 161]
 [152 141 161]
 [148 137 157]]]

[[[0.46000002 0.46000002 0.592]
 [0.45000002 0.46000002 0.57000003]
 [0.43000002 0.448 0.56]
 ...
 [0.588 0.55200005 0.612]
 [0.588 0.544 0.624]
 [0.572 0.528 0.60000004]]]

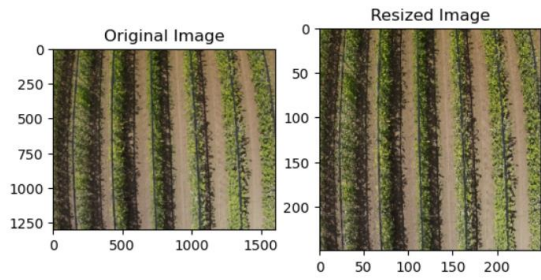
print ("Image data after normalize:\n", norming)

Image data after Normalize:
[[[0.46000002 0.46000002 0.592]
 [0.45000002 0.46000002 0.57000003]
 [0.43000002 0.448 0.56]
 ...
 [0.46 0.47200003 0.58400005]
 [0.45000002 0.46000002 0.58000004]
 [0.42000002 0.432 0.544]
 ...
 [0.58800005 0.54000004 0.628]
 [0.58800005 0.54 0.62]
 [0.572 0.528 0.60000004]]]
```

Şekil 11. Fotoğraf pikseli 0-255'ten 0-1'e değiştirildi. 0-255 arasında bir numpy dizisi - 0-1 arasında bir numpy dizisi

## 3) Resizing

Görüntü ön işleme aşamasında, giriş boyutlarını standartlaştırmak ve modele giren tüm görüntülerin sabit bir çözünürlüğe ve en boy oranına sahip olmasını sağlamak için yeniden boyutlandırma gereklidir. Bu tekdüzelik, birçok makine öğrenimi algoritmasının verileri verimli bir şekilde işlemek için sabit bir giriş boyutu gerektirmesi nedeniyle model performansı için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, toplanan görüntülerin boyutunu 1300x1600'den 250x250'ye değiştirdik (Şekil12).



Şekil 12. Fotoğraf boyutu 250x250 olarak değiştirildi.

## 4) Noise Reduction<sup>3</sup>

Son adımda, daha fazla netlik oluşturmak ve görüntülerin kalitesini artırmak için GaussianBlur gürültü azaltma yöntemi kullanıldı (Şekil13). Değişiklikler elle tutulur düzeyde olmayabilir, ancak bu yöntemin kullanımı, temel özellikleri korurken görüntüleri etkili bir şekilde yumuşatma becerisi nedeniyle model eğitiminde önemli bir rol oynar.



Şekil 13. Orginal fotoğraf ile gürültüsü azalan fotoğrafın karşılaştırması

Veri ön işleme adımlarını tamamladıktan sonra işlenmiş verilerimizi veri classification ve object detection için eğittik ve test ettik.

## C. Classification

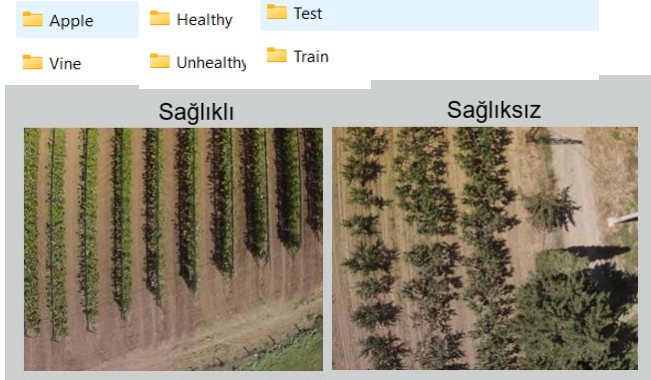
Makalenin başında belirttiğimiz gibi, sağlıklı ve sağlıklı olmayan alanlar arasında ayrım yapan bir genel bakış oluşturmak için,



verilerimizi buna göre etiketleyerek başladık. Bu yaklaşım, sağlıklı ve sağlıksız bölgelerdeki farklılıkları sistematik olarak belirlememizi ve analiz etmemizi sağladı ve daha fazla analiz ve uygulama için sağlam bir temel oluşturdu.

### 1) Labeling

Veri seti sağlıklı ve sağlıksız olmak üzere iki ayrı dosyaya ayrıldı.(Şekil 14).



Şekil 14. Çalışmanın sadece RGB formattaki görüntüler üzerinde yapıldığına dikkat edilmelidir.

### 2) Training & Testing

Verileri etiketledikten ve bir dizi işlem adımı gerçekleştirdikten sonra, sağlam model değerlendirmesi ve doğrulaması sağlamak için veri setimizi eğitim, test ve değerlendirme kümelerine ayırdık. Split Data yöntemini kullanarak, modelin temeldeki kalıpları öğrenmesini sağlamak için verilerin %70'ini eğitime, %20'sini ilk model performansını ölçmek için teste ve kalan %10'unu da görülmemiş veriler üzerinde genellemeyi değerlendirmek için değerlendirmeye ayırdık. Eğitim modeli olarak, CNN modelinden sıralı mimariyi seçtik, mimarinin özetini Şekil 15'te görebilirsiniz. Evrişimli Sinir Ağı (CNN) modelindeki sıralı mimari<sup>4</sup>, anlaşılması ve uygulanması kolay, katman katman basit bir yapı sunar ve bu da onu görüntü sınıflandırması ve özellik çıkarma gibi görevler için ideal hale getirir.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 254, 254, 16)	448
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 127, 127, 16)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 125, 125, 32)	4,640
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 62, 62, 32)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 60, 60, 16)	4,624
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 30, 30, 16)	0
Flatten (Flatten)	(None, 14400)	0
dense (Dense)	(None, 256)	3,686,656
dense_1 (Dense)	(None, 1)	257

Total params: 3,696,625 (14.10 MB)  
 Trainable params: 3,696,625 (14.10 MB)  
 Non-trainable params: 0 (0.00 B)

Şekil 15. Model: sequential

Eğitim sırasında tüm eğitim veri seti modelden 20 (epochs=20) kez geçirilir. Her partinin işlenmesi yaklaşık 1 ila 8 saniye ve 890 milisaniye sürede (Çizelge 5).

Dönem başlangıcında sonuçlar şu şekildeydi:

doğruluk: 0,5690 - kayıp: 0,7508 - val\_accuracy: 0,3906 - val\_loss: 0,7033 ve

Dönem sonunda sonuçlar şu şekildeydi:

doğruluk: 0,8698 - kayıp: 0,2704 - val\_accuracy: 0,9219 - val\_loss: 0,2129.

Çizelge 5. Model Dönem sonuçları

Epochs	Accuracy	Loss	val_accuracy	val_loss
1	0.56	0.75	0.39	0.70
5	0.59	0.62	0.84	0.53
10	0.66	0.56	0.90	0.35
15	0.89	0.29	0.81	0.36
20	0.87	0.27	0.92	0.21

- **Accuracy:** Eğitim doğruluğunu gösterir. 0.87'lik bir doğruluk, eğitim örneklerinin yaklaşık %87'sinin bu dönem boyunca model tarafından doğru şekilde sınıflandırıldığı anlamına gelir.
- **Loss:** Eğitim kaybını gösterir. 0.27'lik bir kayıp değeri, modelin eğitim verilerinde ne kadar iyi performans gösterdiğini gösterir. Daha düşük değerler genellikle daha iyi performans gösterir.
- **Val\_accuracy:** Doğrulama doğruluğunu gösterir. 0.92'lik bir doğrulama doğruluğu, doğrulama veri kümesindeki örneklerin %92'sinin doğru şekilde sınıflandırıldığı anlamına gelir. Bu metrik, modelin görülmemiş verilere ne kadar iyi genelleştirildiğini anlamak için çok önemlidir.
- **Val\_loss:** Doğrulama kaybını gösterir. 0.21'lük bir doğrulama kaybı, modelin doğrulama veri kümesindeki performansını yansıtır. Eğitim kaybına benzer şekilde, daha düşük değerler genellikle daha iyi model performansını gösterdiği için tercih edilir.

### 3) Model Değerlendirmesi (Evaluation)

Modelimizin performansını değerlendirmek için Accuracy, Recall ve Precision parametrelerini kullandık. Elde edilen sonuçları ÇİZELGE 6'da görebilirsiniz. Modelimizin sonucu tüm gerçek pozitifleri belirleyebildi ve yanlış negatif yok. Bu modeller toplu olarak bize modelin performansı hakkında net bir anlayış sağladı.

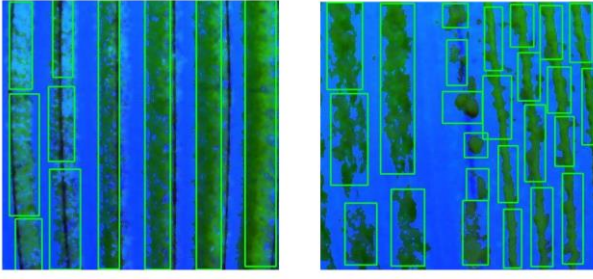
ÇİZELGE 6. Model değerlendirme sonuçları

<b>Precision</b>	78%
<b>Recall</b>	100%
<b>Accuracy</b>	87%

## D. Object Detection

### 1) Labeling

Çalışmanın bu aşamasında, etiketleme amacıyla HSV (Hue, Saturation, Value) renk alanı kullanıldı (Şekil 16). HSV formatının kullanımı, sağlıklı bitki örtüsüne karşılık gelen yeşil alanlar ile arka plan arasında net bir ayrım yapılmasını kolaylaştırdı. Sağlıklı ve sağlıksız ağaçların bonding box oluşturmak için, Python'da yaygın olarak tanınan açık kaynaklı bir araç olan Matplotlib kütüphanesini kullandık.



Şekil 16. HSV verilerini kullanarak Bonding box oluşturmak örneği

Yolo modelini kullanmak istiyorsak bonding box oluşturduktan sonra verileri text dosyası olarak kaydedmeniz gerektiğini belirtmeliyiz. Yolo modeli için kaydedilen veri setinin bir örneğini Şekil 17'de görebilirsiniz.

```

1 0 0.13388813935521407 0.4990494296577947 0.127741935483871 0.9935483870967744
2 0 0.30894190277607436 0.49431824686209574 0.12774193548387106 0.9888172043010754
3 0 0.48990964471155823 0.49195265546424627 0.13956989247311832 0.9746236559139787
4 0 0.6602322253567195 0.1300171715932784 0.11591397849462359 0.25548387096774194
5 0 0.6815225479373647 0.4008773866470419 0.1253763440860216 0.2815053763440861
6 0 0.6945333006255368 0.7734588318083324 0.10408602150537634 0.4352688172043013
7 0 0.821892440410483 0.11227523610940748 0.1395698924731182 0.22000000000000006
8 0 0.8376515801954292 0.329909644711558 0.09698924731182793 0.19161290322580649
9 0 0.8577591070771498 0.541630074819085 0.12301075268817212 0.20817204301075268
10 0 0.8648558812706981 0.7296945909481173 0.10408602150537634 0.1490322580645161
11 0 0.8731354511631713 0.9071139457868271 0.10172043010752688 0.16795698924731187

```

Şekil 17. Yolo modeli için kaydedilen dosya

## 2) Training & Testing

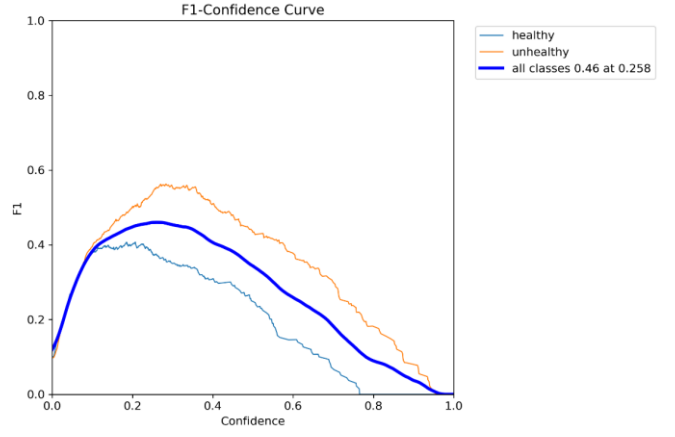
Çalışmamızda, YOLO çerçevesinin<sup>5</sup> iki farklı versiyonunu kullanarak veri setimizin kapsamlı bir değerlendirmesini gerçekleştirdik: YOLOv5 ve YOLOv8. Bu modellerin seçimi, özellikle gerçek zamanlı işleme ve doğruluk iyileştirmeleri bağlamında, nesne algılamadaki gelişmiş yeteneklerinden kaynaklandı. Veri setimizde ilgi duyulan nesnelere doğru bir şekilde tespit etme ve sınıflandırmadaki etkinliklerini belirlemek için her versiyonun performansını hassasiyet, geri çağırma ve doğruluk açısından titizlikle değerlendirdik.

## E. Elde Edilen Sonuçlar

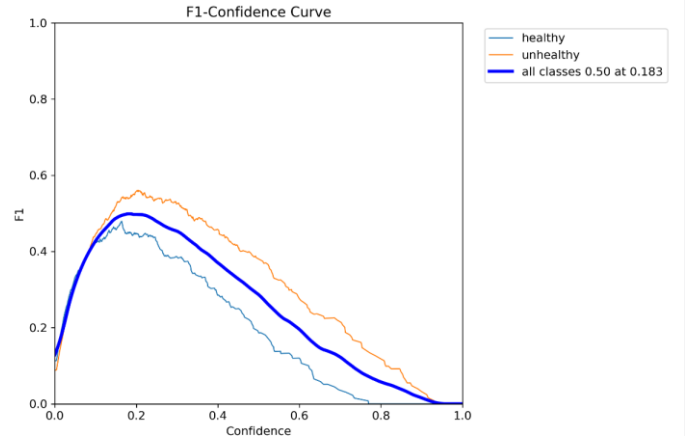
Modelimizin performansını ve doğruluğunu değerlendirmek için farklı kriterler kullandık.

### 1) F1-Confidence Curve

Object detection modelimizin performansını ve doğruluğunu değerlendirmek için niceliksel bir ölçüt olarak F1 puan eğrisini kullandık. Bu yöntem, çeşitli güven eşikleri boyunca hem hassasiyeti hem de geri çağırma aynı anda dikkate alarak kapsamlı bir değerlendirmeyi kolaylaştırır. F1 eğrisini analiz ederek, modelin gerçek pozitif oranları yanlış pozitiflere karşı dengelemedeki etkinliğini ayırt edebilir ve böylece tahmin yeteneklerine ilişkin içgörüler sağlayabiliriz. Yolo v5 ve Yolo v8'de elde edilen sonuçları şekil 18, 19 v'de görebilirsiniz.



Şekil 18. Yolo v5-fl eğri sonucu



Şekil 19. F1 Yolo v8-fl eğri sonucu

Yolo v5 :

- **F1 Puanı = 0.46:** modelimizin genel performansının (hem kesinliği hem de geri çağırma dikkate alarak) orta düzeyde olduğu anlamına gelir.
- **Güven Eşiği = 0.258:** Bu, güven eşiği 0,258 olarak ayarlandığında 0,46'lık F1 puanına ulaşıldığını gösterir.

Sonuç olarak, Yolo v5'te modelimiz, yalnızca bu tahminlere olan güveni %25,8'in üzerinde olduğunda tahminleri olumlu olarak değerlendiriyor.

Yolo v8:

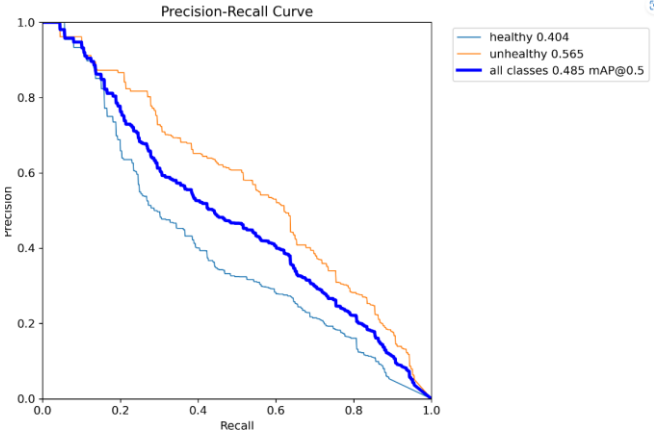
- **F1 Puanı = 0.5:** modelimizin genel performansının (hem kesinliği hem de geri çağırma dikkate alarak) orta düzeyde olduğu anlamına gelir.
- **Güven Eşiği = 0.183:** Bu, güven eşiği 0,183 olarak ayarlandığında 0.5 'lık F1 puanına ulaşıldığını gösterir.

Sonuç olarak, Yolo v8'te modelimiz, yalnızca bu tahminlere olan güveni %18,3'in üzerinde olduğunda tahminleri olumlu olarak değerlendiriyor.

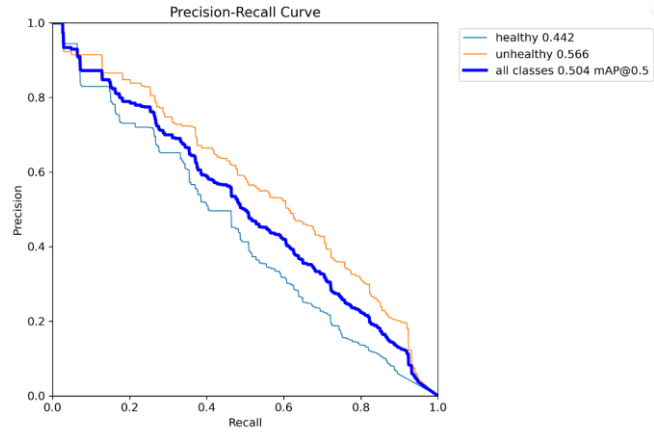
### 2) Precision-Recall Curve

Model için farklı eşikler boyunca kesinlik ve geri çağırma arasındaki dengeyi gösteren grafiksel bir gösterimdir. Yolo

v5 ve Yolo v8'de elde edilen sonuçları şekil 20, 21 v'de görebilirsiniz.



Şekil 20. Yolo v5-Precision-Recall sonucu



Şekil 21. F1 Yolo v8-Precision-Recall sonucu

Yolo v5:

- Healthy Precision = 0.42: Modelin bir elma ağacını sağlıklı olarak tahmin ettiğinde, bu tahminlerin %44'ünün doğru olduğu anlamına gelir.
- Unhelathy Precision = 0.56: Modelin bir elma ağacını sağlıklı olarak tahmin ettiğinde, bu tahminlerin %55'inin doğru olduğu anlamına gelir.
- Overall MAP = 485 : üm sınıflardaki ortalama kesinliğin yaklaşık %48,5 olduğunu gösterir. Bu değer, modelin sağlıklı ve sağlıklı ağaçlar arasında ayırım yapmada orta düzeyde performans gösterdiğini gösterir.

Yolo v8:

- Healthy Precision = 0.44: Modelin bir elma ağacını sağlıklı olarak tahmin ettiğinde, bu tahminlerin %44'ünün doğru olduğu anlamına gelir.
- Unhelathy Precision = 0.55: Modelin bir elma ağacını sağlıklı olarak tahmin ettiğinde, bu tahminlerin %55'inin doğru olduğu anlamına gelir.
- Overall MAP = 504 : üm sınıflardaki ortalama kesinliğin yaklaşık %50,4 olduğunu gösterir. Bu

değer, modelin sağlıklı ve sağlıklı ağaçlar arasında ayırım yapmada orta düzeyde performans gösterdiğini gösterir.

#### IV. SONUÇLAR

Bu makalenin başında araştırma bölümünde belirtildiğimiz gibi, elma ağaçlarını etkileyen üç tip hastalığı ve üzüm için iki tip hastalığı araştırmanın amacı olarak ele alınacaktır. Ancak, olumsuz hava koşulları, özellikle aşırı yağış nedeniyle, çalışma süresince yalnızca bir tip hastalık ortaya çıktı. Sonuç olarak, araştırmamızın odak noktası elma ağaçlarını etkileyen kara leke hastalığı ile sınırlandı. Bu çalışmada, iki derin öğrenme tabanlı model geliştirdik: biri elma ağaçlarının sağlıklı ve sağlıklı alanlarını tespit etmek için tasarlanmış ve diğeri sağlıklı ve sağlıklı ağaçları bir bütün olarak belirlemek için. Modellerimizin performans ölçümleri ortalama etkinliği gösterirken, aynı zamanda önemli bir iyileştirme potansiyeli de ortaya koyuyor. Bunu ele almak için, eğitim veri setinin çeşitliliğini artırmak ve alternatif makine öğrenimi mimarilerini keşfetmek gibi stratejiler uygulamayı planlıyoruz. Bu modellerin hassas tarım alanında uygulanması, dönüştürücü faydalar için umut vadediyor. Çiftçilere pestisit uygulamasının hassas yönetiminde yardımcı olarak, bu modeller hem kullanılan kimyasalların hacmini hem de ilişkili maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir. Bu, yalnızca sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda çiftçilerin operasyonel verimliliklerini optimize etmelerine de destek olur. Gelecekteki çalışmalar, bu modellerin tarımsal yönetimdeki öngörücü doğruluklarını ve faydalarını artırmak için bu modelleri iyileştirmeye yönelik olacaktır.

#### BİLGİLENDİRME

*Bilgilendirmeler gizlenmiştir.*

#### KAYNAKÇA

- [1] A. Sharma, "RGB to HSV Color Space Conversion," August 2024. ([Medium website](#))
- [2] I. X. Pei, Y. Zhao, L. Chen etc., "Robustness of machine learning to color, size change, normalization, and image enhancement on micrograph datasets with large sample differences", *Materials & Design*, Volume232, August 2023, 112086.
- [3] B. Vimala, S. Srinivasan and etc., "Image Noise Removal in Ultrasound Breast Images Based on Hybrid Deep Learning Technique", *Journals*, Volume23, 10.3390/s23031167, January 2023
- [4] J. Jiang, P. Zhang, Y. Luo and etc. "Adaptive Mixture of CNN-Transformer for Sequential Recommendation", *ages* 976 – 986, 21 October 2023.
- [5] A. Vijayakumar, S. Vairavasundaram. "YOLO-based Object Detection Models: A Review and its Applications", Volume 83, pages 83535–83574, (2024).



# BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YARDIM MASASI SİSTEMLERİNDE KELİME GÖMME YÖNTEMİ İLE VERİLERİN SINIFLANDIRILMASI YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Gökçe ARKAN<sup>1,\*</sup>, Ercan ÖLÇER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, KOCAELİ, 41190, TÜRKİYE ORCID: 0009-0005-9833-9612

<sup>2</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, KOCAELİ, 41190, TÜRKİYE ORCID: 0000-0003-3786-6230

## Article Info

### Oral Presentation

### Keywords

Yardım Masası Destek Sistemi  
Gradient Boosting  
Veri Sınıflandırması  
Kelime Etiketleme

## Abstract

Today, IT support services play a critical role in quickly and effectively solving technical problems faced by companies and individuals. However, increasing technological complexity and error diversity significantly increase the workload of IT help desk employees. In this context, it is of great importance to detect error codes using machine learning methods and to provide automatic solution suggestions.

The project aims to classify error codes encountered in IT help desk systems and to automatically determine appropriate solution suggestions.

In this study, requests were categorized using word tagging and word embedding-based request titles received from the help desk, along with the full text of the request, using the word embedding-tagging technique, which is a frequently preferred method in classifying the titles according to tags. In the study, gradient boosting and random forest methods were compared in categorizing requests using help desk data. 96.9% success was achieved in categorizing requests in the random gradient boosting model.

The developed help desk request classification model has the potential to reduce time and labor loss in problem resolution processes within the organization. In line with the goal of increasing efficiency in the business world of machine learning and deep learning-based applications, the proposed approach offers a flexible development opportunity.

\*Corresponding Author E-mail: gokceersoyarkan@gmail.com

## I. GİRİŞ

Günümüzde, yazılım projelerinin son evresinde, iç ve dış müşterilerin yaşadığı problemlere ve bilgi alma taleplerine karşılık vermek isteyen kurum ve kuruluşlar, yardım masası sistemler kurarak ve iç ve dış paydaşlarına yardım masası sistemleri üzerinden hizmet vererek, müşteri şikayeti, talep yönetimi, sorun giderimi gibi işlemleri yardım masaları üzerinden yürütmektedir. Yardım masası sistemlerinin kullanımı, talep ve sorunların daha hızlı çözülmesi, ilgili talep ve sorunların doğru kişilere yönlendirilmesinin yapılması işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Bu işlem, taleplerin ilgili ekiplere yönlendirilmesini sağlayan gerçek kişiler tarafından yapılabildiği gibi, sorun analizini yapıp, ilgili kişilere yönlendiren yazılımlar ile de gerçekleştirilebilmektedir.

Yardım masası uygulamalarında taleplerin doğru bir şekilde yönlendirilebilmesi için, talebi açan kullanıcının uygun talep şablonunu seçip gerekli alanları eksiksiz doldurması gerekmektedir. Ancak, kullanıcıların bu konuda yeterince dikkatli davranmadığı ya da hangi şablonu kullanmaları gerektiğini bilmedikleri durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple, kullanıcılar genellikle en yakın gördükleri şablonu seçip gerekli alanları ya boş bırakmakta ya da rastgele bilgilerle doldurmaktadır. Taleplerin sınıflandırılması ve personel görevlendirmesi yaparken, eğer destek personeli tüm birinci seviye taleplerden sorumluya sorun yaşanmamaktadır. Küçük ölçekli işletmelerde bu yöntem etkili olabilir. Ancak, büyük işletmelerde farklı alanlara hizmet verilmesi durumunda, personel kendi uzmanlık alanı dışında kalan taleplerle karşılaştığında, talebin doğru kategorisini belirlemek zor olabilir. Bu durum, çözüm sürecinde zaman kaybına yol açabilir ve verimliliği ile

iç müşteri memnuniyetini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, yardım masası taleplerinin makine öğrenmesi destekli metin analizi yöntemleri kullanılarak sınıflandırılması, insan kaynaklı hataları minimize edecek ve süreçlerin daha verimli işlemesine katkıda bulunacaktır.

## II. YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan verilerin sınıflandırılması, temel bir sınıflandırma problemi olarak ele alınmış olup, random forest ve gradient boosting yöntemleri ile sınıflandırma işlemleri yapılmıştır.

Yöntemde kullanılan Türkçe dilindeki veri seti, bir işyerine ait bilişim teknolojileri biriminin kendisine gelen talepleri almak için kullandığı yardım masası uygulaması verileridir. ve 2023 yılına ait veriler 5 kategori ve 452 adet talepten oluşmaktadır. Talepler konu ve etiketler üzerinden değerlendirilmiş, cümleler ve kategorileri kontrol edilerek düzenlenmiştir.

Yardım masasından alınan metin verileri, manuel incelenerek, kategorileri doğrulanmıştır. Gereksiz ve hatalı açılan talepler veri setinden çıkarılmıştır. Taleplerin kategorilerinin etiketlenmesi esnasında, kontrol edilerek, içeriği net olmayan metinler iptal edilmiştir. Böylece, modelin eğitiminde kullanılacak temiz bir veri seti oluşturulmuştur. Hazırlanan veri setinden alınan veriler %20 eğitim, %80 doğrulama olmak üzere bölünmüştür. Hazırlanan veri seti ile yapılan, Gradient Boosting ve Random Forest yöntemleri KNIME uygulaması üzerinde çalışılmıştır.

### III. DENEYSEL ÇALIŞMA

Gradient Boosting ve Random Forest Modelinin Tasarlanması aşamasında;

Reader Nodes: Veri setinizi KNIME'a yüklemek için "Excel Reader" düğümleri kullanılmıştır ve veri okunarak çalışma alanına getirilmiştir.

Data Preprocessing Nodes: Veriyi temizlemek, eksik değerleri doldurmak, kategorik değişkenleri sayısal değerlere dönüştürmek ve normalizasyon gibi işlemler için çeşitli düğümler kullanılır. Bu çalışmada "missing value" düğümü kullanılmıştır.

Partitioning Nodes: Modeli değerlendirmek için veriyi eğitim ve test kümelerine ayırmak için düğümler kullanılmıştır. "X-Partitioning" düğümü, veri kümesini eğitim ve test setlerine ayırmak için kullanılmıştır.

Gradient Boosting/Random Forest Düğümleri model için seçilmiştir.

Learner Nodes: Gradient boosting/Randım forest algoritması ile modeli eğitilmiştir. Eğitim veri setini kullanarak model oluşturmak için "Gradient Boosted/Random Forest Trees Learner" düğümü kullanılmıştır.

Predictor Nodes: Eğitimden sonra modelini test verileri üzerinde test etmek için "Gradient Boosted/Random Forest Trees Predictor" düğümü kullanılmıştır.

"Aggregator" düğümü, verileri belirli gruplara ayırarak her grup için özetleme işlemi yapmak için kullanılmıştır. Gruplama, verilerin anlamlı alt kümelere ayrılmasını sağlar ve her bir grup için ayrı ayrı özet bilgiler elde edilmesini sağlar.

### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yazılı olarak gönderilen yardım masası taleplerinin belirlenmesi sorunu, metin madenciliği teknikleri kullanılarak ele alınmıştır. Bu süreçte, Gradient Boosting ve Random Forest yöntemlerinde eğitim görmüş modeller ile entegre çalışan KNIME kullanılmıştır. Taleplerin başlıkları, kelime dizileri olarak temsil edilip ilgili kelime dizileri etiketlenerek, eğitmek için kullanılmıştır. Çalışmanın performansı, KNIME içerisinde gömülü bulunan Gradient Boosting ve Random Forest düğümleri ile eğitilmiş modeller ile değerlendirilmiştir. Modellerin eğitimi genellikle yüksek kaynak gerektirse de, çalışmaya uygun modeller doğru bir şekilde kullanılarak başarıyla gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, tüm kategorilerle yapılan Gradient Boosting modelinde %96,9 doğruluk elde edilmiştir. Aynı koşullarda uygulanan, Random Forest modelinde ise, %72,5 doğruluk elde edilmiştir. Kategorilerden oluşan veri setinde yapılan çalışmalarda random forest modelinin başarı oranı daha düşük iken, Gradient boosting modelinin başarı oranı oldukça yüksektir. Bu durum, Random Forest modelinin rastgele örnekleme yöntemi ile çalışırken, veri setinin dengesizliğinden etkilenebilirliğinin göstergesidir. Hazır veri setlerinden farklı olarak, gerçek işyeri ortamından alınan verilerle yapılan bu çalışma, gerçek dünyadaki problemlerin çözümüne katkıda bulunmuştur.

Geliştirilen yardım masası talep sınıflandırma modeli, kurum içindeki sorun çözüm süreçlerinde zaman ve iş gücü kaybını azaltma potansiyeline sahiptir. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme temelli uygulamaların iş dünyasında verimliliği artırma hedefi doğrultusunda, önerilen yaklaşım esnek bir geliştirme imkânı sunmaktadır. Eğitim verileri arasındaki karışıklıkları azaltmak için model sürekli olarak güncellenebilir ve taleplerin başlıkları ile metin içeriği analiz edilerek performans artırılabilir. Python ile veri ön işleme yapılarak daha etkin ve daha iyi sonuçlar alınacağı, Python ile yapılan pilot testlerde ön görülmüştür.

Tablo 1: Model Doğruluk Yüzdeleri

Model	Doğruluk Yüzdesi
Gradient Boosting	%96,9
Random Forest	%72,5

### KAYNAKÇA

- [1] ALRashdi, R., & O'Keefe, S. (2019). Deep learning and word embeddings for tweet classification for crisis response. arXiv preprint arXiv:1903.11024.
- [2] Borko, H., & Bernick, M. (1963). Automatic document classification. Journal of the ACM (JACM), 10(2), 151-162.
- [3] Cai, S., Palazoglu, A., Zhang, L., & Hu, J. (2019). Process alarm prediction using deep learning and Word embedding methods. ISA Transactions, 85, 274-283.
- [4] Habibi, M., Weber, L., Neves, M., Wiegandt, D. L., & Leser, U. (2017). Deep learning with word embeddings improves biomedical named entity recognition.
- [5] Bioinformatics, 33(14), i37-i48. Ibrahim, M. A., Khan, M. U. G., Mehmood, F., Asim, M. N., & Mahmood, W. (2021). GHS-NET a generic hybridized shallow neural network for multi-label biomedical text classification. Journal of biomedical informatics, 116, 103699.
- [6] Liang, D., & Yi, B. (2021a). Two-stage three-way enhanced technique for ensemble learning in inclusive policy text classification. Information Sciences, 547, 271-288.

# CERRAHI UYGULAMALARDA YAPAY ZEKÂ DESTEĞİYLE HIPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJISİNİN KULLANIMI ÜZERİNE BİR DERLEME

Ayşe Gül EKER

Computer Engineering, Kocaeli University, Kocaeli, 41001, Turkey, **ORCID:** 0000-0003-0721-2631

## Article Info

### Oral Presentation

### Anahtar Kelimeler

Yapay zeka  
Hiperspektral  
tümör  
sınıflandırma  
analiz

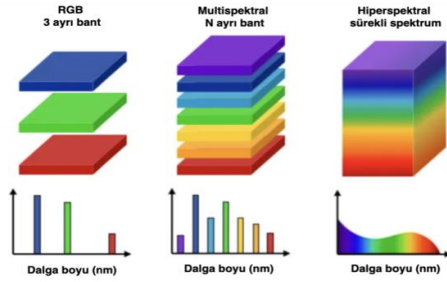
## Özet

Hiperspektral görüntüleme, ışığın farklı dalga boylarındaki etkileşimlerini yakalayıp her piksel için geniş spektral bilgi sağlayan ve insan gözünün algılayamayacağı detayları ortaya çıkaran bir teknolojidir. Bu sayede dokuların kimyasal ve biyolojik özelliklerine dair zengin veriler sunarak, tıp alanında doku türlerini veya hastalıklı dokuları ayırt etmede güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Özellikle cerrahi sırasında, dokuların gerçek zamanlı olarak tanımlanması ve sınıflandırılmasını mümkün kılarak cerrahlara daha hassas müdahale imkanı sağlar. Bu makalede, son yıllarda kullanılan artan hiperspektral görüntüleme teknolojisinin cerrahi operasyonlarda kullanımı ve bu teknolojinin yapay zeka ile entegrasyonu ele alınmıştır. Yapay zeka destekli modellerin bu görüntüleme verilerini kullanarak cerrahlara gerçek zamanlı rehberlik sunabilmesi, cerrahi müdahalelerin doğruluğunu artırmakta ve hasta sonuçlarını iyileştirmektedir. Makalede, hiperspektral verilerin analizinde kullanılan yapay zeka yaklaşımları ve bu teknolojinin cerrahi süreçlerde sağladığı faydalar detaylı bir şekilde incelenmiş, bu teknolojinin beyin, göğüs ve karın bölgesi gibi bölgelerdeki tümörlerde yapılan çalışmalarda nasıl kullanıldığına dair en güncel çalışmalar sunulmuştur.

\*Corresponding Author E-mail : aysegul.eker@kocaeli.edu.tr

## I. GİRİŞ

Hiperspektral görüntüleme (HSG), spektroskopiye dayalı bir analiz tekniğidir. Bu teknoloji, standart (RGB) veya multispektral görüntülerden farklı olarak, sahnedeki her piksel için hem görünür ışık hem de yakın kızılötesi ışığın detaylı bir spektrumunu ölçer. Yani, her pikselde ışığın dalga boylarını sürekli olarak kaydederek, daha fazla bilgi elde eder. Bu sayede, her bir pikselin renkleri ve özellikleri daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir. Bu yüksek bilgi miktarı, her tür malzeme veya maddenin ayırt edilmesine olanak tanıyan spektral imzayı oluşturur [1]. Şekil 1'de RGB, multispektral ve hiperspektral görüntülerin karşılaştırılması sunulmuştur.

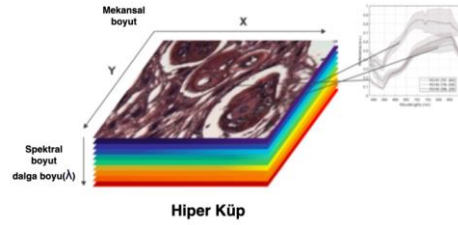


Şekil 1. RGB, multispektral ve hiperspektral görüntülerin karşılaştırılması

HSG geniş bantlı bir ışık kaynağı kullanarak dokuları aydınlatır ve ortaya çıkan ışık spektrumunu, insan gözünün göremediği dar spektral bantlarda yakalar. Böylece her doku tipi kendine özgü bir "spektral imza" oluşturur. Dokudaki hastalık durumlarında (tümör, oksijen düşüklüğü vb.) bu imzalar değişiklik gösterebilir; bu sayede spektral görüntülemenin tanı koyma potansiyeli artmış olur. Elde edilen veriler, her pikselin bir spektral eğri içerdiği bir "hiperküp" şeklinde toplanır.

Şekil 2: Spektral kameradan elde edilen veriler, spektral ve mekansal boyut içeren bir veri küpü şeklinde toplanır. Bu,

x-y düzlemindeki her bir belirli konum için bir spektral imza oluşturulmasını sağlar. Z boyutu ise ölçülen tüm dalga boylarını temsil eder.



Şekil 2. HSG'nin dokuları incelemek ve farklı doku türlerini ayırt etmek için kullanımı

HSG; temassız, iyonize olmayan ve minimal invaziv bir algılama tekniğidir ve tıbbi uygulamalarda 20 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır [2]. Biyomedikal araştırmalarda ve klinik uygulamalarda da giderek daha fazla dikkat çeken bir teknoloji haline gelmiştir. Görüntüleme tekniklerinin temel amacı, dokulardaki yapısal ve biyokimyasal farklılıkları tespit etmek ve bu farklılıkları yüksek doğrulukla sınıflandırmaktır. HSG, farklı dalga boylarında ışığın yansıma, emilme ve saçılma özelliklerini kullanarak her dokunun kendine özgü bir "spektral imzasını" yakalar. Bu spektral imza, cerrahi ortamda önemli dokusal bilgilerin elde edilmesini sağlar ve beyin cerrahisi, organ transfer cerrahisi gibi karmaşık prosedürlerde cerrahlara önemli veriler sunar.

Son yıllarda, HSG'nin cerrahi uygulamalarda kullanımını artıran en önemli faktörlerden biri yapay zekâ teknolojileriyle entegrasyonudur. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme tabanlı yapay zekâ modelleri, HSG'den elde edilen büyük ve karmaşık veri setlerinin işlenmesini ve yorumlanmasını sağlayarak, doku sınıflandırma, tümör tespiti, sağlıklı doku tespiti ve kritik doku yapılarının belirlenmesi gibi zorlu görevlerde yüksek doğruluk sunmaktadır. Bu yöntemler, cerrahların ameliyat sırasında anlık kararlar vermesine

yardımcı olarak operasyon süreçlerini daha güvenli ve verimli hale getirmektedir.

Cerrahi operasyonlarda HSG ve yapay zekâ entegrasyonunun getirdiği yenilikler, daha az invaziv yaklaşımların benimsenmesine, tümör sınırlarının, doku farklılaşmalarının daha doğru bir şekilde belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu derleme, HSG'nin cerrahi uygulamalardaki kullanımını inceleyecek ve yapay zekâ destekli teknolojilerin sunduğu yeni olanakları ele almaktadır.

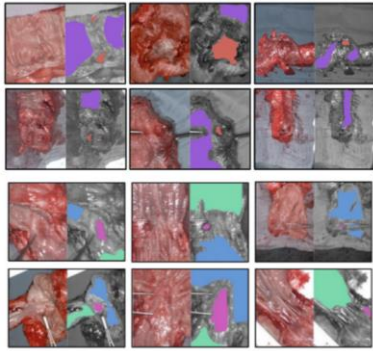
## II. CERRAHİDE HSG İLE YAPAY ZEKA KULLANIMI

HSG oldukça yenilikçi bir teknolojidir ancak günlük klinik uygulamalara entegre edilmesindeki en önemli zorluk, veri küpünün karmaşıklığı ve boyutuyla başa çıkmaktır. Cerrahların; oluşan hiper küpü hemen yorumlamaları ve tüm veri analizi için ameliyathanede yüksek beceriye sahip bir spektral görüntüleme uzmanının bulunması mümkün değildir. Bu noktada, yapay zekâ devreye girerek görüntü verilerini analiz etmekte ve ilgili mekansal-spektral desenleri öğrenip otomatik olarak tanımaktadır. Makine öğrenimi ve derin öğrenme sınıflandırma hedeflemektedir (örneğin, sağlıklı veya kanserli doku).

### A. Onkoloji Cerrahisinde HSG ve Yapay Zekanın Kullanımı

Kanserli dokuların sınıflandırılması gibi tıbbi uygulamalarda HSG kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde; cerrahi sırası veya sonrasında çeşitli tümör dokularının doğrudan RGB veya mikroskobik görüntüler ile eşleştirilerek tanımlanmasında kullanıldığı görülmüştür.

Şekil 3'te tümör gösterimi ile ilgili bir örnek sunulmuştur. Kalın bağırsak (üst 2 sıra) ve yemek borusu/mide (alt 2 sıra) ile ilgili etiketlenmiş görüntülere örnekler verilmiştir. Her görüntünün sol tarafında RGB resmi, sağ tarafında ise etiketlenmiş spektral görüntü bulunmaktadır. Mor: sağlıklı kalın bağırsak dokusu, kırmızı: kanserli kalın bağırsak dokusu, yeşil: sağlıklı yemek borusu dokusu, mavi: sağlıklı mide dokusu ve pembe: kanserli yemek borusu/mide dokusudur [4].



Şekil 3. Denetimli makine öğrenimi teknikleri kullanılarak oluşturulmuş anotasyonlu görüntü örnekleri

#### 1) Kolorektal Tümörler

Collins ve diğ. (2021) çalışmalarında, kolon ve özofagogastrik kanserlerin otomatik tanınması için HSG ve

makine öğrenmesi yaklaşımını kullanmışlardır. Araştırmacılar, 3B Evrişimli Sinir Ağları (3DCNN) modelini kullanarak yüksek doğrulukta tümör tespiti gerçekleştirmişlerdir [4]. Han ve diğ. (2016) araştırmalarında, malign kolorektal tümörlerin in-vivo tespiti için endoskopik bir tanı destek sistemi geliştirmişlerdir. Destek Vektör Makineleri (SVM) kullanılarak geliştirilen sistem, HSG'lerden elde edilen spektral özellikleri analiz ederek tümör dokusunu normal dokudan ayırt edebilmiştir [5]. Jansen-Winkel ve diğ. (2021) çalışmalarında, otomatik optik biyopsi yaklaşımı için ileri beslemeli yapay sinir ağı (ANN) tabanlı bir kolorektal kanser tespit sistemi geliştirmişlerdir [6]. Muniz ve diğ. (2023) araştırmalarında, kolon kanserinin histopatolojik tanısı için mikro-FTIR HSG ve derin öğrenme yaklaşımını kullanmışlardır. Geliştirilen derin öğrenme modeli, HSG'lerden kanser dokusunun karakteristik özelliklerini öğrenerek yüksek doğrulukta sınıflandırma yapabilmıştır [7]. Baltussen ve diğ. (2019) çalışmalarında, akıllı laparoskopik kolorektal cerrahi için HSG tabanlı doku sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir. SVM kullanılarak geliştirilen sistem, cerrahi sırasında doku tiplerini gerçek zamanlı olarak ayırt edebilme yeteneği göstermiştir [8].

#### 2) Prostat Kanseri

Akbari ve diğ. (2012) çalışmalarında, prostat kanseri tespiti için hiperspektral görüntüleme ve kantitatif analiz yaklaşımı geliştirmişlerdir. SVM sınıflandırıcısı kullanarak geliştirdikleri sistem kanserli ve normal dokuyu ayırt edebilmiştir [9].

#### 3) Meme Kanseri

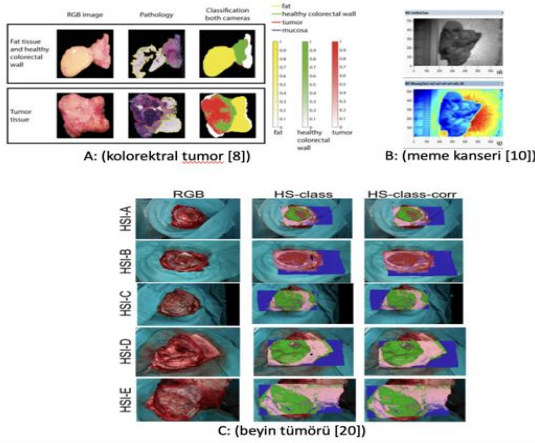
Aboughaleb ve diğ. (2020) araştırmalarında, ex-vivo meme kanserinin teşhis ve tespiti için HSG kullanmışlardır. K-means kümeleme algoritması kullanılarak geliştirilen sistem, meme dokusundan alınan görüntülerdeki spektral imzaları analiz ederek kanserli dokuyu tespit edebilmiştir [10]. Wang ve diğ. (2021) çalışmalarında, meme kanseri segmentasyonu için PCA-UNet tabanlı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve U-Net mimarisinin birleştirilmesiyle oluşturulan model, meme kanseri dokusunun hassas segmentasyonunu gerçekleştirebilmiştir [11]. Ortega ve diğ. (2020) araştırmalarında, dijitalleştirilmiş histolojik görüntülerde meme kanseri hücrelerinin tespiti için HSG ve derin öğrenme yaklaşımını kullanmışlardır. Geliştirilen derin öğrenme modeli, histolojik örneklerdeki kanser hücrelerini yüksek doğrulukla tespit edebilmiştir [12].

#### 4) Beyin Tümörü

Cruz ve diğ. (2024) çalışmalarında, histopatoloji HSG'lerinin beyin tümörü sınıflandırması için doğrusal ayrıştırma ve derin sinir ağları topluluğu kullanan hibrit bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, farklı tümör tiplerinin ayırt edilmesinde yüksek başarı göstermiştir [13]. Hao ve diğ. (2021), in-vivo insan beyin HSG'lerinden beyin glioblastom tümörünün tespiti için çoklu derin model füzyonu yaklaşımını kullanmışlardır. Tam Evrişimli Ağ (FCN) mimarisi kullanılarak geliştirilen sistem, gerçek zamanlı tümör tespiti yapabilme yeteneği göstermiştir [14]. Ruiz ve diğ. (2020) çalışmalarında, HSG ve denetimli makine öğrenmesi



kullanarak çok sınıflı beyin tümörü sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir. SVM ve Rastgele Orman (RF) algoritmalarının kullanılmışlardır [15]. Puustinen ve diğ. (2023) araştırmalarında, beyin tümörü cerrahisinde HSG'nin makine öğrenmesi tabanlı performansını incelemişlerdir. RF ve CNN algoritmalarının kullanıldığı çalışmada, cerrahi sırasında tümör dokusunun gerçek zamanlı tespiti başarıyla gerçekleştirilmiştir [16]. Black ve diğ. (2024) çalışmalarında, beyin tümörü rezeksiyonu için makine öğrenmesi tabanlı kantitatif HSG kılavuzluğu yaklaşımı geliştirmişlerdir. RF ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) algoritmalarının kullanıldığı sistem, cerrahi sırasında tümör sınırlarının belirlenmesinde etkili sonuçlar vermiştir [17]. Wang ve diğ. (2023) araştırmalarında, tümör tanısı için derin marjin kosinüs otoenkoder tabanlı medikal HSG sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir. Bu özgün yaklaşım, beyin tümörü dokusunun karakterizasyonunda yüksek başarı göstermiştir [18]. Sancho ve diğ. (2023) çalışmalarında, in-vivo cerrahi prosedürler için derinlik bilgisi içeren HSG sınıflandırma haritalama yapabilen artırılmış gerçeklik tabanlı gerçek zamanlı bir sistem (SLIMBRAIN) geliştirmişlerdir. SVM algoritması kullanan sistem, cerrahi navigasyon için etkili bir araç olarak önerilmiştir [19].



Şekil 4. HSG'nin onkoloji cerrahisinde kullanımı

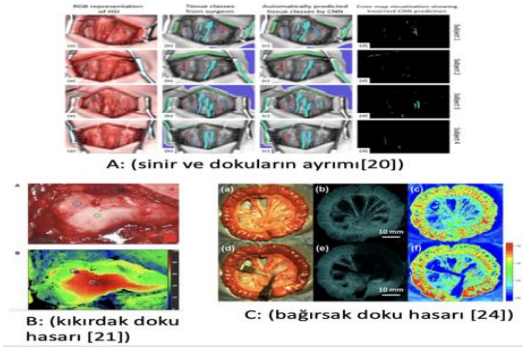
Şekil 4'te HSG ve yapay zekanın onkoloji cerrahisinde kullanımı ile ilgili literatürdeki çalışmalardan görseller sunulmuştur.

### B. Diğer Cerrahi Uygulamalarda HSG ve Yapay Zekanın Kullanımı

HSG teknolojisi, kanser cerrahisinin yanı sıra farklı cerrahi prosedürlerde de önemli uygulamalar bulmuştur. Özellikle doku perfüzyonu değerlendirmesi, sinir dokularının tespiti ve transplantasyon cerrahisinde başarıyla kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda HSG, cerrahlara gerçek zamanlı görsel geri bildirim sağlayarak cerrahi prosedürlerin güvenliğini ve başarısını artırmaktadır.

Barberio ve diğ. (2021) çalışmalarında, ameliyat sırasında sinirlerin ve diğer doku türlerinin in vivo tespiti için derin öğrenme tabanlı HSG analizi gerçekleştirmişlerdir. Geliştirdikleri CNN modeli, intraoperatif sinir tespitinde otomatik ve güvenilir bir yaklaşım sunmuştur [20]. Kistler ve diğ. (2022) çalışmalarında, diz ameliyatları sırasında sağlıklı

ve hasarlı kıkırdak dokusunun ayırt edilmesi için intraoperatif HSG kullanmışlardır. ROC eğrileri analizi ile değerlendirilen sistem, kıkırdak dejenerasyonunun tespitinde yeni bir tanısal araç olarak önerilmiştir [21]. Sucher ve diğ. (2022) çalışmalarında, böbrek-pankreas nakli sırasında pankreas dokusu ve bağırsak anastomozlarının perfüzyon kalitesini değerlendirmek için HSG teknolojisini kullanmışlardır. İstatistiksel analizler kullanılarak geliştirilen sistem, insan pankreas allograftlarının intraoperatif reperfüzyon değerlendirilmesinde etkili sonuçlar vermiştir [22]. Studier-Fischer ve diğ. (2024) araştırmalarında, böbrek cerrahisi sırasında organ perfüzyonunun değerlendirilmesi için HSG ve yapay zeka kombinasyonu kullanmışlardır. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak geliştirilen sistem, intraoperatif renal perfüzyonun spektral karakterizasyonunda başarılı sonuçlar elde etmiştir [23]. Lee ve diğ. (2021) çalışmalarında, bağırsak cerrahisi sırasında kan damarlarının perfüzyonunu, oksijen doygunluğunu, tromboz oluşumunu ve doku iyileşmesini gerçek zamanlı olarak izlemek için lazer speckle kontrast görüntüleme ve HSG kombinasyonu kullanmışlardır. Temel Bileşenler Analizi (PCA) kullanılarak geliştirilen bu multimodal görüntüleme yaklaşımı, hassas cerrahi kılavuzluk için etkili bir yöntem olarak önerilmiştir [24].



Şekil 5. HSG'nin diğer cerrahilerde kullanımı

Şekil 5'te HSG ve yapay zekanın farklı cerrahilerde kullanımı ile ilgili literatürdeki çalışmalardan görseller sunulmuştur.

### III. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapay zekâ algoritmalarının gelişmesiyle birlikte, hiperspektral kameralarla elde edilen verilerin analizi ve yorumlanması otomatik hale gelerek daha kolay ve hızlı bir süreç haline gelmiştir. Bu gelişmeler, hiperspektral görüntüleme teknolojisinin kullanım potansiyelini artırmakta ve cerrahi sırasında gerçek zamanlı olarak etkili bir şekilde kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Hiperspektral kameralar, klasik RGB görüntüleme yöntemlerine kıyasla çok daha geniş bir spektral bilgi yelpazesi sunarak doku ve biyolojik yapıların daha ayrıntılı ve doğru bir şekilde analiz edilmesine olanak tanımaktadır.

Cerrahi alanda HSG özellikle onkoloji cerrahisinde tümör ve normal doku sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji, tümör sınırlarının daha net belirlenmesine olanak sağlayarak cerraha daha hassas ve güvenilir bir rehberlik sunmaktadır. Ayrıca, hiperspektral

görüntüleme, diğer cerrahi süreçlerde de önemli bir rol oynamaktadır; örneğin, doku perfüzyonunun ve kan oksijen seviyelerinin izlenmesi sayesinde, ameliyat sırasında komplikasyonların erken tespit edilmesine katkıda bulunmaktadır. Böylece, cerrahi başarı oranı artırılmakta ve iyileşme süreci iyileştirilmektedir.

Mevcut çalışmalar genellikle sınırlı sayıda hasta üzerinde yürütülmüş olup, bu durum teknolojinin genel geçerliliği ve klinik doğruluğu açısından bazı sınırlamalar yaratmaktadır. Bu nedenle, hiperspektral görüntülemenin daha geniş bir hasta grubu üzerinde test edilmesi ve çok merkezli klinik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu tür çalışmalar, HSG'nin farklı cerrahi prosedürlerdeki etkinliğini ve güvenilirliğini doğrulamak adına kritik bir rol oynayacaktır.

Gelecekte, HSG'nin daha fazla cerrahi uygulamaya entegre edilmesiyle birlikte, cerrahi süreçlerin güvenliği ve etkinliği önemli ölçüde artabilir. Özellikle yapay zeka tabanlı algoritmalarla geliştirilen otomatik sınıflandırma ve karar destek sistemleri, cerrahlara ameliyat sırasında anlık ve hassas geri bildirim sağlayarak, ameliyat sürelerini kısaltabilir ve hata oranını azaltabilir. Ayrıca, bu teknoloji sayesinde cerrahi sırasında kullanılan görüntüleme sistemlerinin taşınabilirliğinin artırılması ve kullanım kolaylığının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Gelecekteki çalışmaların, hiperspektral görüntüleme verilerinin yapay zeka ile daha etkili bir şekilde analiz edilmesi, klinik karar süreçlerine katkıda bulunacak yeni yaklaşımların geliştirilmesi ve cerrahi alanındaki teknolojik ilerlemeleri hızlandırması beklenmektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] H. Fabelo, S. Ortega, R. Lazcano, D. Madroñal, G. M. Callicó, E. Juárez, and R. Sarmiento, "An intraoperative visualization system using hyperspectral imaging to aid in brain tumor delineation," *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 430, 2018.
- [2] G. Lu and B. Fei, "Medical hyperspectral imaging: a review," *J. Biomed. Opt.*, vol. 19, no. 1, pp. 010901–010901, 2014.
- [3] J. M. Campbell, S. B. Mahbub, A. Habibalahi, A. Agha, S. Handley, A. G. Anwer, and E. M. Goldys, "Clinical applications of non-invasive multi and hyperspectral imaging of cell and tissue autofluorescence beyond oncology," *J. Biophotonics*, vol. 16, no. 4, pp. 1–14, 2023.
- [4] T. Collins, M. Maktabi, M. Barberio, V. Bencteux, B. Jansen-Winkel, C. Chalopin, and I. Gockel, "Automatic recognition of colon and esophagogastric cancer with machine learning and hyperspectral imaging," *Diagnostics*, vol. 11, no. 10, p. 1810, 2021.
- [5] Z. Han, A. Zhang, X. Wang, Z. Sun, M. D. Wang, and T. Xie, "In vivo use of hyperspectral imaging to develop a noncontact endoscopic diagnosis support system for malignant colorectal tumors," *J. Biomed. Opt.*, vol. 21, no. 1, pp. 016001–016001, 2016.
- [6] B. Jansen-Winkel, M. Barberio, C. Chalopin, K. Schierle, M. Diana, H. Köhler, and M. Maktabi, "Feedforward artificial neural network-based colorectal cancer detection using hyperspectral imaging: a step towards automatic optical biopsy," *Cancers*, vol. 13, no. 5, p. 967, 2021.
- [7] F. B. Muniz, M. D. F. O. Baffa, S. B. Garcia, L. Bachmann, and J. C. Felipe, "Histopathological diagnosis of colon cancer using micro-FTIR hyperspectral imaging and deep learning," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 231, p. 107388, 2023.
- [8] E. J. Baltussen, E. N. Kok, S. G. Brouwer de Koning, J. Sanders, A. G. Aalbers, N. F. Kok, and T. J. Ruers, "Hyperspectral imaging for tissue classification, a way toward smart laparoscopic colorectal surgery," *J. Biomed. Opt.*, vol. 24, no. 1, p. 016002, 2019.
- [9] H. Akbari, L. V. Halig, D. M. Schuster, A. Osunkoya, V. Master, P. T. Nieh, and B. Fei, "Hyperspectral imaging and quantitative analysis for prostate cancer detection," *J. Biomed. Opt.*, vol. 17, no. 7, p. 076005, 2012.
- [10] I. H. Aboughaleb, M. H. Aref, and Y. H. El-Sharkawy, "Hyperspectral imaging for diagnosis and detection of ex-vivo breast cancer," *Photodiagnosis Photodyn. Ther.*, vol. 31, p. 101922, 2020.
- [11] J. Wang, Y. Wang, X. Tao, Q. Li, L. Sun, J. Chen, and X. Zhou, "PCA-U-Net based breast cancer nest segmentation from microarray hyperspectral images," *Fundam. Res.*, vol. 1, no. 5, pp. 631–640, 2021.
- [12] S. Ortega, M. Halicek, H. Fabelo, R. Guerra, C. Lopez, M. Lejaune, and B. Fei, "Hyperspectral imaging and deep learning for the detection of breast cancer cells in digitized histological images," in *Proc. SPIE—Int. Soc. Opt. Eng.*, 2020, vol. 11320.
- [13] I. A. Cruz-Guerrero, D. U. Campos-Delgado, A. R. Mejía-Rodríguez, R. Leon, S. Ortega, H. Fabelo, and G. Callico, "Hybrid brain tumor classification of histopathology hyperspectral images by linear unmixing and an ensemble of deep neural networks," *Healthcare Technol. Lett.*, 2024.
- [14] Q. Hao, Y. Pei, R. Zhou, B. Sun, J. Sun, S. Li, and X. Kang, "Fusing multiple deep models for in vivo human brain hyperspectral image classification to identify glioblastoma tumor," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 70, pp. 1–14, 2021.
- [15] L. Ruiz, A. Martín, G. Urbanos, M. Villanueva, J. Sancho, G. Rosa, and C. Sanz, "Multiclass brain tumor classification using hyperspectral imaging and supervised machine learning," in *2020 XXXV Conf. Design Circuits Integr. Syst. (DCIS)*, 2020, pp. 1–6.
- [16] S. Puustinen, H. Vrzáková, J. Hyttinen, T. Rauramaa, P. Fält, M. Hauta-Kasari, and A. P. Elomaa, "Hyperspectral imaging in brain tumor surgery—evidence of machine learning-based performance," *World Neurosurg.*, vol. 175, pp. e614–e635, 2023.
- [17] D. Black, D. Byrne, A. Walke, S. Liu, A. Di Ieva, S. Kaneko, and E. Suero Molina, "Towards machine learning-based quantitative hyperspectral image guidance for brain tumor resection," *Commun. Med.*, vol. 4, no. 1, p. 131, 2024.

- [18] M. Wang, Y. Xu, Z. Wang, and C. Xing, "Deep margin cosine autoencoder based medical hyperspectral image classification for tumor diagnosis," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 2023, 2023.
- [19] J. Sancho, M. Villa, M. Chavarrías, E. Juárez, A. Lagares, and C. Sanz, "SLIMBRAIN: Augmented reality real-time acquisition and processing system for hyperspectral classification mapping with depth information for in-vivo surgical procedures," *J. Syst. Archit.*, vol. 140, p. 102893, 2023.
- [20] M. Barberio, T. Collins, V. Bencteux, R. Nkusi, E. Felli, M. G. Viola, and M. Diana, "Deep learning analysis of in vivo hyperspectral images for automated intraoperative nerve detection," *Diagnostics*, vol. 11, no. 8, p. 1508, 2021.
- [21] M. Kistler, H. Köhler, J. Theopold, I. Gockel, A. Roth, P. Hepp, and G. Osterhoff, "Intraoperative hyperspectral imaging (HSI) as a new diagnostic tool for the detection of cartilage degeneration," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, p. 608, 2022.
- [22] R. Sucher, U. Scheuermann, S. Rademacher, A. Lederer, E. Sucher, H. M. Hau, and D. Seehofer, "Intraoperative reperfusion assessment of human pancreas allografts using hyperspectral imaging (HSI)," *Hepatobiliary Surg. Nutr.*, vol. 11, no. 1, pp. 67–73, 2022.
- [23] A. Studier-Fischer, M. Bressan, A. B. Qasim, B. Özdemir, J. Sellner, J. Seidlitz, and K. F. Kowalewski, "Spectral characterization of intraoperative renal perfusion using hyperspectral imaging and artificial intelligence," *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 17262, 2024.
- [24] S. Lee, J. M. Namgoong, Y. Kim, J. Cha, and J. K. Kim, "Multimodal imaging of laser speckle contrast imaging combined with mosaic filter-based hyperspectral imaging for precise surgical guidance," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 69, no. 1, pp. 443–452, 2021.

# CROWD ANALYSIS AT MASS GATHERINGS USING AERIAL VIDEOS

Anıl ERDOĞAN<sup>1</sup>, Yusuf USTAĞLU<sup>2</sup>, Emin Kayra ERTEKİN<sup>3</sup>, Dila Seray TEGÜN<sup>4</sup>, Ulaş VURAL<sup>5,\*</sup>

<sup>1</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0003-0875-2012

<sup>2</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0001-8062-0714

<sup>3</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0002-8226-9531

<sup>4</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0003-9853-0674

<sup>5</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0000-0003-2344-9372

## Article Info

## Özet

### Oral Presentation

### Anahtar Kelimeler

*Aerial Imagery*  
*Convolutional Neural Networks (CNN) Deep Learning*  
*Mass Gathering*  
*Movement Analysis*  
*You Only Look Once (YOLO)*

People often attend crowded events such as rallies, concerts, marches, sports or cultural events, religious ceremonies, or parties. These events are inevitable for the development of people's cultural and social aspects, as well as the strengthening of democracies and trade. However, sudden situations that can arise during these events can trigger uncontrollable mass movements. Depending on the density and the speed of the crowd, this can escalate into a human stampede, resulting in many people being injured or killed. By monitoring mass gathering areas, it is possible to detect and prevent such situations at an early stage or to manage them if the mass movement has already started.

In this study, we recommend an automatic video analysis system that detects humans and determines the density of human groups in the monitoring area. The transfer learning technique is adopted to train the YOLOv7-based single-class multi-object detection model. The detected objects are analyzed to compute human density by using binary object masks and morphological operators. The system estimates and reports the intensification of humans for multiple regions in each video frame. The regions are dynamically determined according to the locations of detected humans.

The experimental results are presented as different intersection-over-union (IoU) levels to show object localization accuracy and as precision and recall values for the accuracy of the detection. The median IoU value of the test set is 0.908. The system reaches 0.978 precision and 0.813 recall for  $\text{IoU} \geq 50\%$ , and 0.929 precision and 0.756 recall for  $\text{IoU} \geq 80\%$ .

\*Corresponding Author E-mail : [ulas.vural@kocaelisaglik.edu.tr](mailto:ulas.vural@kocaelisaglik.edu.tr)

## I. INTRODUCTION

Mass gatherings, such as concerts, religious festivals, sport- ing events, and political rallies, present significant challenges to crowd safety and management. Stampedes and crush in- cidents at these events have resulted in numerous injuries and fatalities worldwide. Despite advances in safety protocols, incidents continue to occur due to the unpredictable nature of human behavior in densely populated environments. Between 2000 and 2020, 96 human stampedes were reported while this number was 44 for the whole of the 20th century [1]. The total death count in these incidents is over 5,000 in the last 30 years [2]. Anticipating potential hazards and understanding crowd dynamics at mass gatherings are essential to prevent such tragedies and ensure public safety [3].

Advancements in technology help to manage the incidents that can arise during mass gatherings. Notably, developments in neural network-based machine learning systems and video analysis are transforming surveillance systems [4]. Many of today's surveillance systems are supported by automated object detection and tracking algorithms. Recently, these efforts have extended to analyzing crowds and human movements in mass gatherings [5].

Khel et.al. propose a deep learning-based system for real-time crowd monitoring [6]. They evaluate Single-Shot MultiBox Detector, YOLOv3, and YOLOv4 algorithms on the problem of counting humans in the crowd and detecting their speeds and directions of movements. In the study, they offer a hybrid YOLOv4 algorithm which is supported by two

attention mechanisms. This hybrid model achieves higher accuracy at the same time while increasing the processing performance.

The detection of multiple humans in a video frame is an instance of a well-known multi-object detection problem. Different YOLOv5 models such as YOLOv5l, YOLOv5m, YOLOv5s, and YOLOv5x are tested in the Crowd-UIT dataset and their effectiveness is reported. YOLOv5x shows slightly better performance than the other YOLOv5 models in the problem of crowd analysis. Supporting the YOLOv5 algorithm with a Kernelized Correlation Filters (KCF) tracking algorithm further increases the accuracy levels while detecting crowds and human counts [7].

Most crowd monitoring systems use fixed security cameras placed at a height of 2-3 meters to view people at a slightly inclined angle while preserving visual appearance to identify human faces. Some of the latest works distinguished them- selves by using aerial videos gathered from UAVs or drones. This solution can be more robust to visual occlusions and they can also use models that are trained with fewer images because of the decreased visual variations [8]. In [9], YOLO, SSD, and MobileNet algorithms were compared to analyze crowds using aerial images taken from different regions of India. Kucukayan and Karacan use YOLOv7 on indoor videos gathered using drones [10]. This work uses the YOLOv7 algorithm and aerial videos however they do not deal with crowd analysis and it only focuses on the real-time indoor human detection problem. In this study, we propose an automatic video analysis system that detects humans and determines the density of human groups within



a monitored area. Utilizing transfer learning, we trained a YOLOv7-based single-class multi-object detection model. The detected objects are analyzed to compute human density using binary object masks and morphological operators. The system dynamically estimates and segments crowded regions based on the locations of detected humans, computing the number of individuals for each area in every video frame. The rest of the paper is organized as follows: Section II presents the overview of the proposed algorithm and explains human detection and counting approaches in detail. In Section III, the experimental settings and visual and numerical results are given. Finally, Section IV concludes the study.

## II. THE METHOD

The proposed system as shown in Fig 1(a) includes a camera to gather aerial video frames of the event area and an embedded processing unit to process video frames for analyzing the crowd movements.

The system follows a loop of 5 steps to analyze crowd data as given in Fig 1(b): First of all, a video frame is gathered. The multiple-object detection algorithm is run on the frame and each individual is marked with a bounding box. At the regions where individuals are detected, optical flow vectors are computed to estimate the motion speed and direction. Using this information, people who are spatially close and have similar movements are grouped. Counts of people in the groups and the total population in the monitored area are examined. The system can produce alerts whether the counts exceed determined safe crowd limits. In the rest of the section, these steps are explained in detail.

For the detection of humans in the frames, the system adopts YOLOv7 architecture. This architecture utilizes an Extended Efficient Layer Aggregation Network (E-ELAN) as its backbone, which allows the model to learn more diverse features by expanding the network's width and depth without increasing the computational cost. The architecture employs re-parameterized convolutional layers, enabling the combination of multiple convolutional layers into one during inference for faster processing. Dynamic label assignment and auxiliary head modules introduced in YOLOv7 are used to refine the training process and improve detection precision.

These components work together through hidden layers that include convolutional, normalization, and activation functions, optimizing both feature extraction and object classification. Overall, the proposed system achieves high performance by balancing model complexity and computational efficiency by using YOLOv7. The original model is trained using a transfer learning approach to reduce the training time while at the same time achieving improved accuracy with less amount of labeled data.

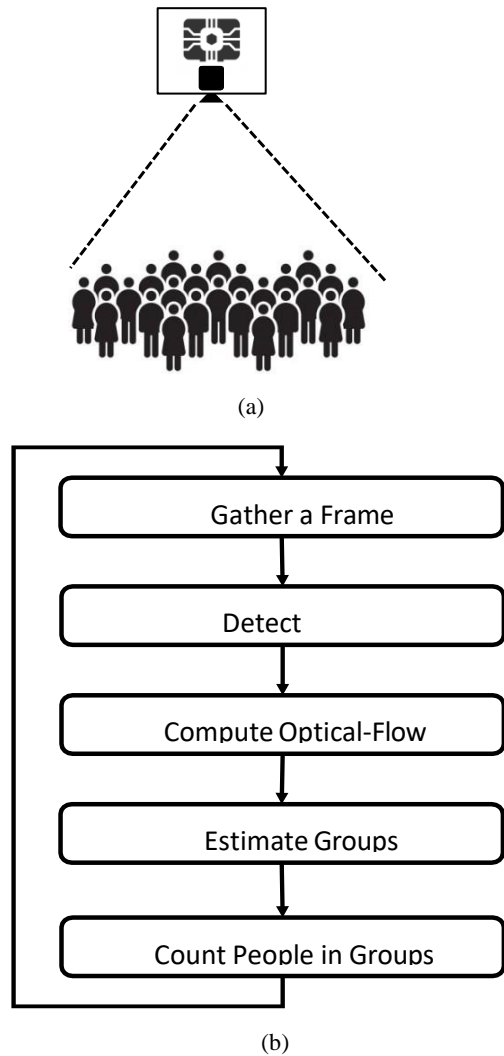


Fig. 1. Overview of the proposed system.

The temporal variation in video frames is used to calculate optical flow vectors. The optical flow for the entire frame is calculated using the Farneback dense optical flow calculation algorithm [11]. Vectors outside the bounding boxes where people are detected are ignored so that only human movements can be tracked in the calculated optical flow. Bounding boxes of detected human regions are marked and a binary mask image is generated. In this binary image, morphological dilation and erosion operations are applied to determine the groups of spatially close humans. While the dilation operations connect the nearby objects, erosion operations clean the weak connections, and the excess effects created by the previous dilation operations. Each island in the binary mask image represents a group of humans. These islands are marked with a unique ID using a flood fill algorithm. Each detected bounding box is assigned to a group and in the last step, the population of each group and the total population in the monitored area are counted.

### III. EXPERIMENTAL RESULTS

#### A. Dataset

Videos collected at the Kocaeli Health and Technology University campus are used for training and testing the model. Open-source Computer Vision Annotation Tool (CVAT) is preferred to label the video data as shown in Fig 2. Multiple images of 450 individuals are labeled in a total of 71,837 frames.

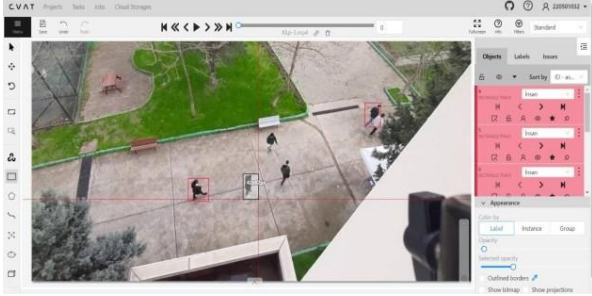


Fig. 2. A sample frame labeled using CVAT

#### B. Experiments

60% of the dataset was used for training of the model and the remaining part of the data is equally divided for the test and the verification of the model. The training process was continued for 300 epochs.

After the training of the model, it was tested on the test set. Visual results of some sample frames are given in Fig 4. The model is a single-class detection model and is used for multiple-object detection. The accuracy of the detection model is examined for different threshold levels of IoU and the numerical results are given in Table I. The results show that the detection model performs well for a wide range of IoU thresholds. The model recall is over 0.97 while the precision is 0.797 at a relatively high IoU threshold of 0.7.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Dense optical flow algorithm and object bounding boxes are used together to estimate human groups.



Fig. 4. Visual results of human detection model

Table 1: Precision and Recall values at different IoU thresholds

IoU Threshold	0.5	0.7	0.75	0.8	0.9
Precision	0.814	0.797	0.773	0.756	0.442
Recall	1.000	0.979	0.950	0.929	0.543

For finding the human groupings, a dense optical flow algorithm is applied to the video frames (Fig 4(a)). While this algorithm is good for detecting optical vectors, it produces noisy results representing non-human motions. In Fig 4(b), a sample binary motion mask image that suffers strong



magnitudes of optical flow vectors of non-human motions is given. To eliminate this problem, bounding boxes of humans are used to filter out the remaining optical vectors. In Fig 4(c) the filtered result of optical flow vectors that only represent humans is given. The colors of the regions show different vector directions.

In our last experiment, we verify the estimation of human populations in each group and the total population in the monitored area. One visual result of this step is given in Fig 5. In the figure, each group is represented with an external bounding box, and over these boxes, the counts of humans in that group are written. There is no grouping box if a human is not close enough to become a member of any group. The total population of the monitored area is given at the top-right corner of the frame. In the sample, there are three different groups of 5, 4, and 3 people and there are 2 individuals. Total population in the monitored area is calculated as 14.

#### IV. CONCLUSIONS

In this study, we have developed an automated video analysis system to monitor mass gatherings and help prevent potential stampedes by detecting human presence and estimating crowd density. By leveraging transfer learning with

an advanced YOLOv7-based model, our system successfully identifies and counts individuals in the monitoring area, producing reliable density estimates through binary object masks and morphological operators. The experimental results demonstrate the system's robustness and accuracy, achieving a median intersection-over-union (IoU) value of 0.908 on the test set. Furthermore, the system reached a precision of 0.978 and a recall of 0.813 at IoU >50%, and a precision of 0.929 and a recall of 0.756 at IoU >80%. These results promise the model's strong performance in accurately detecting and locating individuals within crowded scenes.

The system shows a promising value for crowd management in high-density gatherings, allowing authorities to detect hazardous crowding situations early and respond effectively.

Future work may focus on integrating predictive modeling capabilities to foresee dangerous crowd movements, thus enhancing the system's preventive functionality in real-world applications.



Fig. 5. Visual result of crowd counts

#### V. ACKNOWLEDGMENTS

This work is supported by TUBITAK under the 2209-A Programme and by Kocaeli Health and Technology University under the Scientific Research Projects Programme.

#### REFERENCES

[1] Khan, A.A. and Aljohani, M., 2024. Mass Gatherings. In Ciottono's Disaster Medicine (pp. 380-387). Elsevier.  
 [2] Sharma, A., McCloskey, B., Hui, D.S., Rambia, A., Zumla, A., Traore, T., Shafi, S., El-Kafrawy, S.A., Azhar, E.I., Zumla, A. and Rodrigues- Morales, A.J.,

2023. Global mass gathering events and deaths due to crowd surge, stampedes, crush, and physical injuries-Lessons from the Seoul Halloween and other disasters. *Travel medicine and infectious disease*, 52. Elsevier.  
 [3] Weng, W., Wang, J., Shen, L. and Song, Y., 2023. Review of analyses on crowd-gathering risk and its evaluation methods. *Journal of safety, science, and resilience*, 4(1), pp.93-107.  
 [4] Deng, L., Zhou, Q., Wang, S., Go'rriz, J.M. and Zhang, Y., 2023. Deep learning in crowd counting: A survey. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*.

- [5] Ameen, M. and Stone, R., 2023. Advancements In Crowd- Monitoring System: A Comprehensive Analysis of Systematic Approaches and Automation Algorithms: State-of-The-Art. arXiv preprint arXiv:2308.03907.
- [6] Khel, M.H.K., Kadir, K.A., Khan, S., Noor, M., Nasir, H., Waqas, N. and Khan, A., 2023. Realtime Crowd Monitoring—Estimating Count, Speed and Direction of People Using Hybridized YOLOv4. *IEEE Access*, 11, pp.56368-56379.
- [7] Maktoof, M.A.J., Ibraheem, I.N. and Alattar, I.T.A., 2023. Crowd counting using Yolov5 and KCF. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 11(2), pp.92-101.
- [8] Leng, J., Ye, Y., Mo, M., Gao, C., Gan, J., Xiao, B. and Gao, X., 2024. Recent Advances for Aerial Object Detection: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 56(12), pp.1-36.
- [9] M. Anzaruddin, R. Pisati, I. Agarwal, I. Dangwal, P. Nand and R. Astya, "Unmanned Aerial Vehicles for Crowd Surveillance," 2023 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS), Greater Noida, India, 2023, pp. 200-205, doi: 10.1109/IC-CCIS60361.2023.10425113.
- [10] Kucukayan, G. and Karacan, H., 2024. YOLO-IHD: Improved Real- Time Human Detection System for Indoor Drones. *Sensors*, 24(3), p.922.
- [11] Ma, Z., Wang, T., Xu, S., Mu, X., Wang, Q. and Guo, Q., 2023, July. Moving object Detection Based on Farneback Optical Flow. In 2023 42nd Chinese Control Conference (CCC) (pp. 7350-7355).

# DİFERANSİYEL MAHREMİYET YÖNTEMLERİNİN SAĞLIK VERİLERİNE UYGULANMASI: LAPLACE VE GAUSSIAN MEKANİZMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Özgür SAĞIR<sup>1\*</sup>, Ulaş VURAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0005-1361-0902

<sup>2</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0000-0003-2344-9372

## Article Info

### Oral Presentation

### Anahtar Kelimeler

Diferansiyel Mahremiyet  
Gaussian Mekanizması  
Kişisel Veriler  
Laplace Mekanizması  
Veri Analizi  
Veri Gizliliği

## Abstract

Bu çalışma, sağlık verilerinin gizliliğini sağlamak amacıyla diferansiyel mahremiyet yöntemlerinin etkilerini incelemektedir. Özellikle Laplace ve Gaussian mekanizmaları karşılaştırılarak, sağlık verileri üzerindeki gizlilik-güvenlik dengesi araştırılmıştır. Diferansiyel mahremiyet, verilere rastgele gürültü ekleyerek bireysel veri güvenliğini sağlar; bu mekanizmalar verilerin gizliliğini korurken analizlerin doğruluğunu da etkileyebilir.

Laplace mekanizmasının daha basit bir yapıya sahip olduğu, verilerin orijinal dağılımını daha iyi koruduğu ve daha stabil sonuçlar ürettiği tespit edilmiştir. Ancak, gizlilik açısından daha yüksek koruma sağlayan Gaussian mekanizması, verilerde daha fazla varyansa yol açarak gizliliği artırsa da, doğruluğu düşürebilmektedir. Özellikle sürekli değişkenlerde Gaussian mekanizmasının daha fazla uç değer oluşturduğu görülmüştür.

Yapılan sınıflandırma analizlerinde, XGBoost ve Random Forest algoritmalarının dengelenmiş ve Laplace mekanizması ile işlenen veri setlerinde en yüksek doğruluk ve F1 skoru sonuçlarını verdiği gözlemlenmiştir. Gaussian mekanizmasında ise gizlilik seviyesinin artmasıyla doğruluk oranında bir düşüş yaşanmış, ancak gizliliğin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gaussian mekanizması özellikle gizliliğin maksimize edilmesi gereken durumlarda tercih edilmelidir, ancak veri doğruluğunun önemli olduğu analizlerde Laplace mekanizması daha uygun bir seçenek olabilir.

Sonuç olarak, diferansiyel mahremiyet yöntemleri, özellikle sağlık verileri gibi hassas bilgilerin korunmasında etkili bir çözüm sunmaktadır. Ancak, gizlilik parametrelerinin dikkatli bir şekilde ayarlanması ve kullanılan mekanizmanın veri yapısına uygun seçilmesi, hem gizlilik hem de veri doğruluğu açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, gizlilik ve doğruluk arasında bir denge kurulması gerektiğini vurgularken, diferansiyel mahremiyetin sağlık verilerinde güvenli analizler yapılabilmesi adına önemli bir potansiyel sunduğunu ortaya koymuştur.

\*Corresponding Author E-mail : ozgur.sagir @kocaelisaglik.edu.tr

## I. GİRİŞ

Dijital çağın hızla gelişmesiyle birlikte, veri gizliliği ve güvenliği konuları giderek daha kritik hale gelmiştir. Özellikle sağlık verileri gibi hassas bilgilerin korunması, bireylerin mahremiyetinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır [1]. Sağlık verileri, bireylerin tıbbi geçmişi, teşhisleri, tedavi süreçleri ve genetik bilgileri gibi son derece kişisel ve özel bilgileri içermektedir [2, 3]. Bu verilerin korunması hem yasal düzenlemeler hem de etik açıdan zorunludur.

Geleneksel veri gizliliği yöntemleri, verileri anonimleştirme veya maskeleyerek üzerine yoğunlaşırken, bu yöntemler modern veri analiz tekniklerine karşı yetersiz kalmaktadır. Anonimleştirilmiş verilerin bile çeşitli yöntemlerle yeniden tanımlanabilme riski, daha güçlü gizlilik koruma yöntemlerine olan ihtiyacı artırmıştır [4]. Sağlık verilerinin diğer veri türlerinden farklı olarak daha hassas ve kişisel olması, bu verilerin korunması için daha güçlü güvenlik önlemleri alınmasını gerektirmektedir. Ayrıca, sağlık verilerinin genellikle yüksek boyutlu ve dengesiz olması yine geleneksel veri gizliliği yöntemlerinin yetersiz kalmasına neden olabilmektedir [5, 6]. Tam da bu noktada diferansiyel mahremiyet, veri gizliliği sorunlarına yenilikçi bir çözüm sunan güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Diferansiyel mahremiyet sağlık verileri gibi hassas bilgiler için güçlü bir gizlilik mekanizması sunmakta, ancak kullanımının belirli zorluklar içermektedir. Parametre ayarlarının dikkatli bir şekilde yapılması ve algoritmaların birleşiminin doğurabileceği gizlilik kayıplarına dikkat edilmesi, diferansiyel mahremiyetin etkinliğini artırmak için önemlidir [7]. Diferansiyel mahremiyet yöntemlerinin sağlık verilerine uygulanması konusunda yapılan çalışmalar, genellikle olumlu sonuçlar ortaya koysa da, bu mekanizmaların etkinliğine dair bazı önemli eleştiriler bulunmaktadır [8].

Öncelikle, Laplace ve Gaussian mekanizmalarının entegrasyonu, sağlık kuruluşları için karmaşık ve maliyetli bir süreç olabilir. Bu mekanizmaların uygulanabilirliği, yalnızca matematiksel modellerle değil, aynı zamanda kullanıcıların gerçek hayattaki algılarıyla da doğrudan ilişkilidir. Kullanıcıların veri paylaşımına karşı duyarlılıkları, bu mekanizmaların benimsenmesini zorlaştırabilir; bu da, sağlık hizmetleri alanında veri yönetimi stratejilerinin etkinliğini azaltabilir [9].

Ayrıca, kullanıcı eğitimi ve farkındalık programlarının uygulanması, her ne kadar önemli görünse de, bu tür girişimlerin etkisi sınırlı kalabilir. Çalışanların veri gizliliği konusundaki bilgi düzeyinin artması, her zaman mekanizmaların etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamaz. Eğitim programlarının başarısı, yalnızca teorik

bilgi vermekle kalmayıp, aynı zamanda çalışanların günlük iş akışlarına entegre edilmesi gereken pratik uygulamalarla desteklenmelidir. Bu durum, sağlık kuruluşlarının eğitim bütçelerini aşırı derecede zorlayabilir ve diğer önemli alanlara yapılan yatırımları olumsuz etkileyebilir. Bunun yanı sıra, teknolojik yeniliklerin entegrasyonu, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırma vaadi taşırken, aynı zamanda bazı riskleri de beraberinde getirebilir [10].

Yapay zeka ve makine öğrenimi gibi modern teknolojilerin kullanımı, veri analizi süreçlerini optimize etme potansiyeline sahip olsa da, bu teknolojilerin yanlış kullanımı hasta verilerinin güvenliğini tehdit edebilir. Ayrıca, bu tür teknolojilerin benimsenmesi, sağlık profesyonellerinin sürekli olarak güncellenmesi gereken yeni beceriler edinmelerini gerektirebilir; bu da, sağlık sisteminin genel verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Sağlık kuruluşlarının veri güvenliği ve gizliliği konularında alacakları önlemler, yalnızca yasal gerekliliklerle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda hasta güvenliğini artıracak şekilde tasarlanmalıdır. Ancak, bu tür önlemlerin uygulanması, sağlık profesyonellerinin sürekli eğitim almasını gerektirebilir ve bu durum, sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesi sürecinde göz ardı edilen bir husus olabilir. Dolayısıyla, sağlık kuruluşlarının teknoloji yatırımlarını yaparken, insan kaynakları yönetimini ve çalışanların eğitimini de göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, veri güvenliği ve siber tehditlere karşı alınacak önlemler, sadece teknolojik altyapının güçlendirilmesiyle değil, aynı zamanda çalışanların bilinçlendirilmesiyle de sağlanmalıdır [11].

## II. DİFERANSİYEL MAHREMİYET

Bu yöntem, bireysel verilerin gizliliğini korurken, veri analizlerinin yapılmasına olanak tanır [2]. Diferansiyel mahremiyet, veri setine rastgele gürültü ekleyerek bireysel verilerin ifşa edilmesini önler. Bu sayede, veri analizleri sonucunda elde edilen bilgiler, bireylerin kimliklerini açığa çıkarmadan kullanılabilir hale gelir [12]. Diferansiyel mahremiyetin sağladığı matematiksel güvence, veri setindeki bir bireyin varlığının ya da yokluğunun tespit edilememesini garanti eder [13]. Bu yöntem, sağlık verileri gibi yüksek derecede hassas verilerin korunmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, diferansiyel mahremiyet yöntemlerini kullanarak sağlık verilerinde veri gizliliği elde etmek ve iki yaygın mekanizma olan Laplace ve Gaussian mekanizmalarının karşılaştırmasını yapmaktır. Laplace mekanizması, daha basit bir yapıya sahip olup, veri setine eklenen gürültünün Laplace dağılımına göre belirlendiği bir yöntemdir [14]. Gaussian mekanizması ise daha karmaşık bir yapıya sahip olup, eklenen gürültünün Gaussian dağılımına göre belirlendiği bir yöntemdir [15]. Her iki mekanizma da verilerin gizliliğini sağlamak için gürültü ekleme yöntemini kullanmaktadır, ancak farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler.

Diferansiyel mahremiyetin avantajları arasında, özellikle hassas sağlık verileri gibi bilgilerin korunmasında etkin bir çözüm sunması öne çıkmaktadır. Diferansiyel mahremiyet, bireysel veriler üzerindeki etkinin minimize edilmesi için gürültü ekleyerek bireylerin anonim kalmasını sağlar. Bu özellik, kişisel verilerin korunmasında güçlü bir mekanizma sunmaktadır ve özellikle büyük veri setleri üzerinde güvenli analizler yapmayı mümkün kılmaktadır [16].

Bu yöntemin diğer güçlü yönü ise bileşimsel (compositional) yapısıdır [17]. Bu özellik, birden fazla farklı algoritmayı bir araya getirerek karmaşık veri analizlerinde bile gizlilik garantisinin korunmasını sağlar. Bu sayede gerçek dünya uygulamalarında daha büyük ve karmaşık sistemler kurmak mümkündür. Ancak bu avantaj, aynı zamanda bir dezavantaj da olabilmektedir. İki veya daha fazla farklı algoritmanın birleşmesi, toplamda gizlilik kaybını artırabilir. Yani, algoritmalar bir araya getirildikçe, gizlilik seviyesi azalabilir. Bu da özellikle çok fazla algoritma kullanıldığında bir risk oluşturur. Bir diğer sınırlama ise, diferansiyel mahremiyetin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için epsilon ve delta parametrelerinin doğru bir şekilde ayarlanmasının gerekliliğidir [17, 18]. Küçük bir epsilon değeri daha fazla gizlilik sağlarken, büyük bir epsilon değeri daha az gizlilik sağlar. Bu parametrelerin seçimi, gizlilik ve veri doğruluğu arasında denge kurulmasını zorlaştırır. Ayrıca, gürültü ekleme işlemi veri doğruluğunu azaltabilir; yani, gizliliğin artırılması veri kalitesini düşürebilir, bu da analizlerin sonuçlarını olumsuz etkileyebilir.

### A. Laplace Mekanizması

Laplace mekanizması, belirli bir sorguya veya istatistiksel işleme gürültü ekleyerek sonuçları gizler. Gürültü, Laplace dağılımından çekilir ve eklenen bu gürültü miktarı, sorgunun hassasiyetine (yani, bir bireyin veri setinde olup olmasının sonucu ne kadar değiştirebileceğine) göre ayarlanır. Laplace mekanizması, diferansiyel mahremiyetin temel formülasyonundaki  $\epsilon$ -diferansiyel mahremiyet garantisini sağlar.

$$f(x) + Y$$

Y, Laplace dağılımına sahip gürültü, ve  $b = \Delta f / \epsilon$  ile tanımlanan ölçek parametresidir. Buradaki  $\Delta f$ , işlevin hassasiyetidir.

### B. Gaussian Mekanizması

Gaussian mekanizması ise gürültüyü Gauss (normal) dağılımından ekleyerek çalışır. Bu mekanizma, genellikle  $(\epsilon, \delta)$ -diferansiyel mahremiyet garantileri sağlamak için kullanılır. Gaussian mekanizması, veri setindeki herhangi bir bireyin varlığını veya yokluğunu tespit etmeyi zorlaştırarak mahremiyeti artırır, ancak bu işlem sırasında belirli bir  $\delta$  değerine kadar mahremiyet ihlali riski kabul edilir.

$$f(x) + Z$$

Z, Gaussian dağılımına sahip gürültü ve ölçek parametresi hassasiyet ve mahremiyet parametrelerine göre ayarlanır.

Bu mekanizmalar, diferansiyel mahremiyet garantilerini sağlamak için farklı dağılımlar üzerinden gürültü ekleme yöntemleri kullanır. Laplace mekanizması daha güçlü  $\epsilon$ -diferansiyel mahremiyet sağlar, ancak Gaussian mekanizması daha esnek bir yapı sunarak  $(\epsilon, \delta)$ -diferansiyel mahremiyet garantileri verebilir [2,3]



Kriter	Laplace Mekanizması	Gaussian Mekanizması
Gürültü Dağılımı	Laplace Dağılımı	Gauss (Normal) Dağılımı
Mahremiyet Garantisi	$\epsilon$ Diferansiyel Mahremiyet	$(\epsilon, \delta)$ Diferansiyel Mahremiyet
Kullanım Alanları	Hassasiyetin daha küçük olduğu sorgularda	Daha geniş bir $\delta$ hata payına izin veren uygulamalarda
Gürültü Eklenme Miktarı	$\epsilon$ ile orantılı olarak ayarlanır	Hem $\epsilon$ hem de $\delta$ parametrelerine göre ayarlanır
Avantaj	Daha güçlü ve doğrudan bir mahremiyet garantisi sağlar	Daha esnek ve geniş uygulama alanına sahiptir
Dezavantaj	Gürültü daha yüksek olabilir, özellikle yüksek hassasiyet gerektiren modellerde	$\delta$ parametresine bağlı olarak belirli bir hata payı (gerçek değerden sapma miktarı) kabul edilir

### III. YÖNTEM

Bu çalışmada veri seti olarak Python kütüphanesi ile oluşturulan sentetik hasta verileri kullanılmıştır [19]. Önce veriseti üzerindeki dengesizlik, Smote [20] algoritması ile azınlık sınıf verileri sentetik olarak artırılarak dengelenmiş ve özniteliklerin 3 tanesi kategorik, 7 tanesi de sayısal olarak ayrılmıştır. Kategorik özniteliklerde (smoker, diabetes, health) Gaussian için epsilon değeri 0,0075 (Laplace için uygulanmamıştır.), sayısal öznitelikler (age, systolic BP, diastolic BP, cholesterol, height, weight, BMI) için ise 1.00 olarak uygulanmıştır. Daha sonra öznitelikler için makul sınırlar belirlenmiş, Gauss ve Laplace mekanizmaları ile diferansiyel mahremiyet uygulanmıştır. Orijinal veri setindeki ortalama ve varyans değerleri ile karşılaştırma yapılmıştır.

Son olarak sınıflandırma işlemi uygulanmış ve dengelenmiş veri seti, Laplace uygulanmış veri seti ve Gauss uygulanmış veri seti üzerinde Logistic Regression, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, SVM, KNN, Neural Network ve AdaBoost algoritmaları kullanılarak doğruluk (accuracy) ve F1 skor değerleri elde edilmiştir.

Logistic Regression, doğrusal bir karar sınırı oluştururken, Random Forest ve Gradient Boosting gibi yöntemler karar ağaçlarının bir araya gelmesiyle daha karmaşık ilişkileri modelleyebilir. SVM, veri noktalarını en iyi ayıran hiper düzlemi bulurken, KNN ise yeni bir gözlemin en yakın k komşusuna göre sınıfını belirler. Neural Network ise insan beynindeki nöronların çalışma prensibinden esinlenerek çok katmanlı yapılarla karmaşık ilişkileri öğrenir. AdaBoost ise zayıf öğrenicileri birleştirerek güçlü bir sınıflandırıcı oluşturur. XGBoost ise Gradient Boosting'in daha hızlı ve ölçeklenebilir bir versiyonudur. Bu algoritmaların seçiminde veri setinin özellikleri, problemin karmaşıklığı ve hesaplama kaynakları gibi faktörler önemlidir [21].

### IV. BULGULAR

Dengelenmiş Veriseti, Gaussian Veriseti ve Laplace Veriseti üzerinde uygulanan sınıflandırma algoritmalarına ait sonuçlar Çizelge II'de gösterilmiştir. Buna göre Dengelenmiş Veriseti ve Laplace Verisetinde en iyi çalışan algoritma XGBoost (0,9631 / 0,9632 ve 0,9614 / 0,9615) olurken, Gaussian Verisetinde Random Forest (0,8003 / 0,7988) olmuştur. Değerlendirme yapılırken doğruluk (accuracy) ve F1 skorları baz alınmıştır.

Aynı zamanda veri setlerinin ortalama ve varyans değerleri hesaplanmış ve çıkan ortalama sonuçları Çizelge III'te, varyans sonuçları ise Çizelge IV'te gösterilmiştir.

Buna göre, özellikle kategorik verilerde Gaussian mekanizması daha başarılı olarak, verisetine kabul edilebilir derecede gürültü eklemiştir.

Şekil 1'de gösterilen karışıklık matrisi (confusion matrix) incelendiğinde, sınıflandırma algoritmalarının başarısı görsel olarak kıyaslanabilmektedir. Buna göre en başarılı algoritmalar XGBoost, Gradient Boosting ve Random Forest olmuştur.

Yapılan çalışmada, orijinal verinin öznitelikleri ile, üretilen Laplace ve Gaussian verilerinin öznitelikleri grafiksel olarak karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Genel olarak, Gaussian mekanizması verilerde daha fazla varyansa neden olurken, Laplace mekanizması daha stabil sonuçlar sunmuştur.

Yaş, Sistolik Kan Basıncı, Diyastolik Kan Basıncı, Kolesterol, Boy, Kilo, Vücut Kitle İndeksi gibi sürekli değişkenlerde, Gaussian mekanizması genellikle daha geniş bir dağılım ve daha fazla uç değer oluşturmuştur. Bu durum, Gaussian mekanizmasının verilerde daha fazla gürültüye neden olduğunu gösterir. Bu da, ek gizlilik olarak eklenen delta parametresi ile alakalıdır. Laplace mekanizması ise bu değişkenlerde daha stabil bir dağılım göstererek, orijinal veriye daha yakın sonuçlar üretmiştir.

Sigara Kullanımı, Diyabet ve Sağlık gibi kategorik değişkenlerde ise Laplace mekanizması orijinal veriye oldukça benzer sonuçlar vermiştir. Bu durum, kategorik değişkenlerin bu mekanizmadan daha az etkilendiğini gösterir. Yine Gaussian mekanizması daha başarılı olmuş ve gürültülü sonuçlar elde etmiştir.

ÇİZELGE II SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

	<i>Orijinal Veriseti</i>	<i>Gaussian Veriseti</i>	<i>Laplace Veriseti</i>
<i>Model</i>	<i>Doğruluk / F1 Skor</i>	<i>Doğruluk / F1 Skor</i>	<i>Doğruluk / F1 Skor</i>
Logistic Regression	0,7634 / 0,7626	0,6628 / 0,6564	0,7617 / 0,7617
Random Forest	0,9430 / 0,9435	<b>0,8003 / 0,7988</b>	0,9513 / 0,9519
Gradient Boosting	0,9480 / 0,9482	0,7987 / 0,7973	0,9312 / 0,9320
XGBoost	<b>0,9631 / 0,9632</b>	0,7953 / 0,7920	<b>0,9614 / 0,9615</b>
SVM	0,8893 / 0,8886	0,7617 / 0,7567	0,8859 / 0,8863
KNN	0,7416 / 0,7171	0,6560 / 0,6394	0,6879 / 0,6656
Neural Network	0,9128 / 0,9124	0,7668 / 0,7615	0,9211 / 0,9218
Adaboost	0,8389 / 0,8402	0,7483 / 0,7496	0,8087 / 0,8103

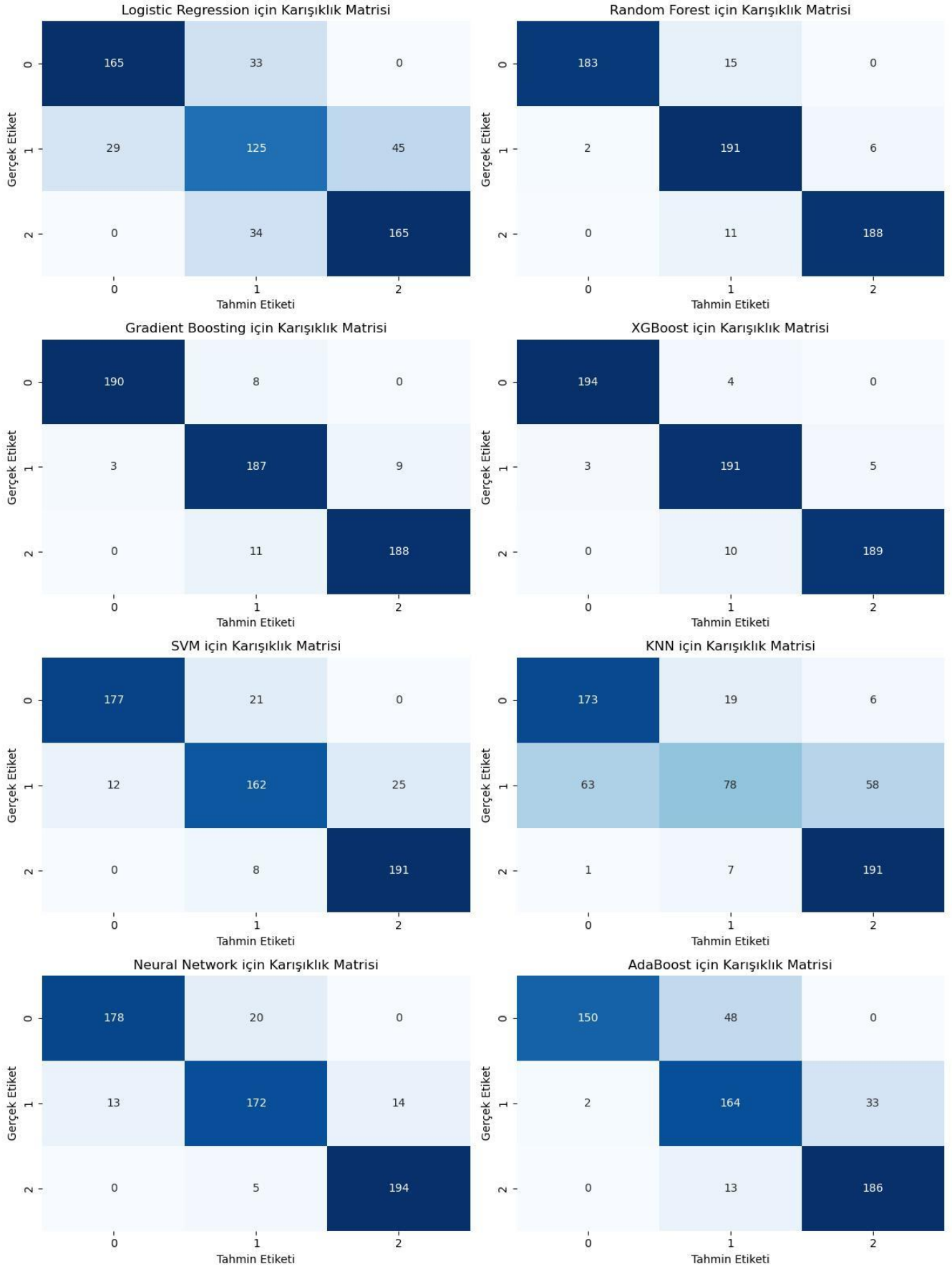
ÇİZELGE III VERİSETLERİNİN ORTALAMA DEĞERE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Öznitelik	Orijinal	Gaussian		Laplace	
	Ortalama	Ortalama	Fark	Ortalama	Fark
Age	46,5352	46,5392	-0,0039	46,5350	0,0002
Systolic BP	127,8479	127,8409	0,0070	127,8501	-0,0022
Diastolic BP	81,7261	81,7252	0,0009	81,7265	-0,0004
Cholesterol	187,1782	187,1657	0,0125	187,1754	0,0029
Height (cm)	175,6017	175,6028	-0,0011	175,6025	-0,0008
Weight (kg)	75,2119	75,2077	0,0043	75,2115	0,0005
BMI	24,8005	24,7991	0,0014	24,7999	0,0006
Smoker	0,4658	0,4663	-0,0005	0,4658	0
Diabetes	0,5141	0,5096	0,0045	0,5141	0
Health	1,0000	0,9980	0,0020	0,9995	0,0005

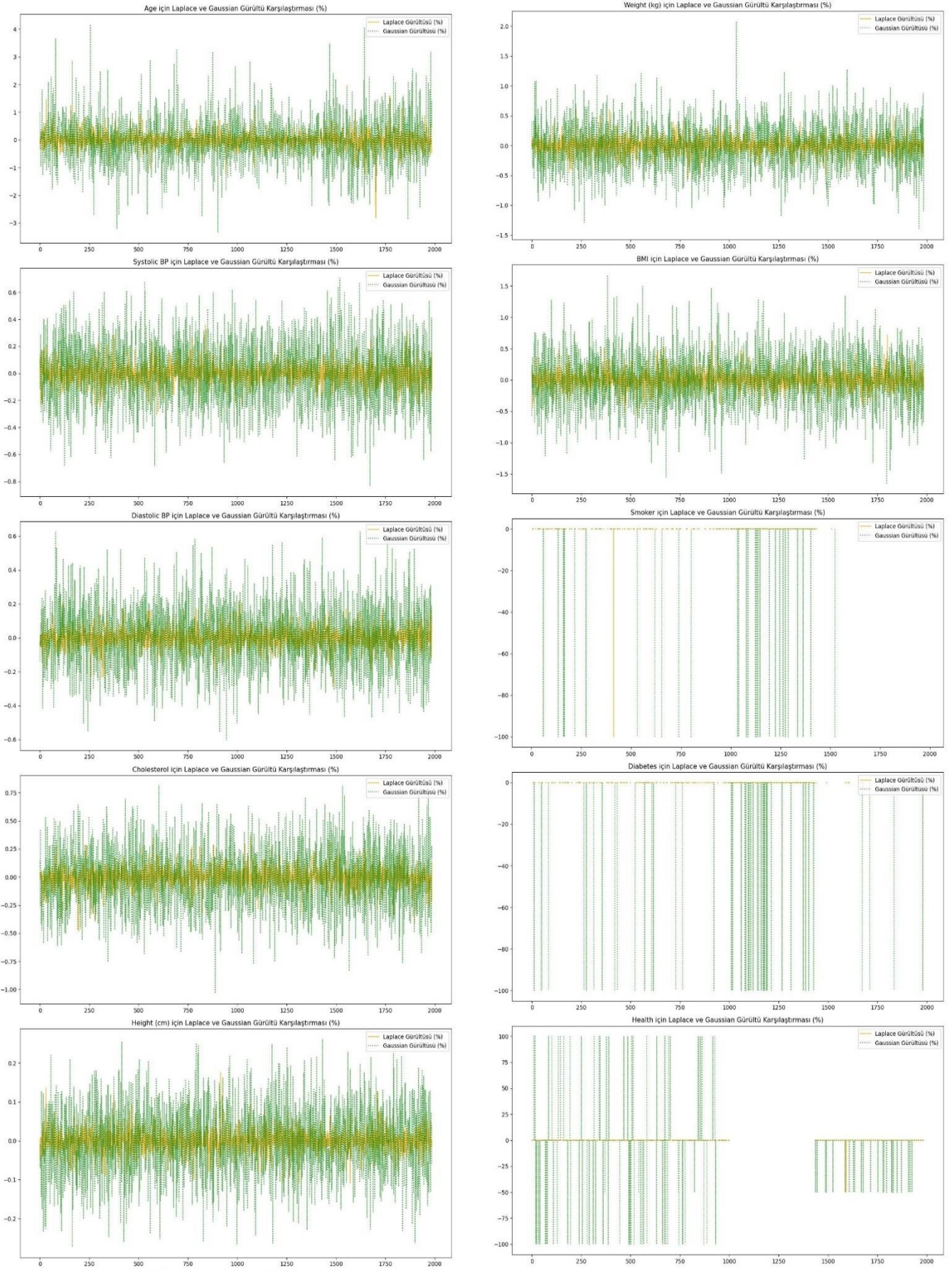
ÇİZELGE IV VERİSETLERİNİN VARYANS DEĞERE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Öznitelik	Orijinal	Gaussian		Laplace	
	Varyans	Varyans	Fark	Varyans	Fark
Age	311,4942	311,5444	-0,0502	311,4980	-0,0037
Systolic BP	94,7114	94,8573	-0,1459	94,7759	-0,0646
Diastolic BP	39,5280	39,5084	0,0196	39,5030	0,0250
Cholesterol	425,9884	426,5123	-0,5239	426,1431	-0,1547
Height (cm)	186,2249	186,2018	0,0232	186,2598	-0,0349
Weight (kg)	185,2827	185,6613	-0,3786	185,3117	-0,0290
BMI	33,2238	33,2304	-0,0067	33,2177	0,0061
Smoker	0,2490	0,2490	0	0,2490	0
Diabetes	0,2499	0,2500	-0,0001	0,2499	0
Health	0,6670	0,6730	-0,0060	0,6665	0,0005





Şekil 1: Karışıklık Matrisi



Şekil 2: Özniteliklerin grafiksel karşılaştırılması

## V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan analizlerde farklı sınıflandırma algoritmaları (Logistic Regression, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, SVM, KNN, Neural Network, ve AdaBoost) kullanılarak dengelenmiş, Gaussian mekanizması ve Laplace mekanizması uygulanmış veri setlerinin performansları karşılaştırılmıştır.

Dengelenmiş veri seti üzerinde en iyi sonuçlar XGBoost ve Random Forest algoritmaları ile elde edilmiştir. XGBoost, doğruluk oranı 0,9631 ve F1 skoru 0,9632 ile en yüksek performansı göstermiştir. Gradient Boosting ve Neural Network algoritmaları da iyi sonuçlar vermiş ancak performans açısından XGBoost'un gerisinde kalmıştır.

Gaussian mekanizması, verilerin gizliliğini koruma açısından daha fazla varyans ekleyerek daha geniş bir dağılım yaratmıştır. Bu mekanizma özellikle Random Forest algoritmasında, doğruluk 0,8003 ve F1 skoru 0,7988 ile en iyi sonuçları vermiştir. Ancak genel olarak Gaussian veriseti diğer algoritmalar için doğrulukta düşüşe neden olmuştur.

Laplace mekanizması, daha stabil sonuçlar üretmiş ve orijinal veriye daha yakın değerler sunmuştur. XGBoost algoritması, Laplace mekanizmasında da en yüksek performansı göstermiştir (doğruluk 0,9614, F1 skoru 0,9615). Bu durum, Laplace mekanizmasının verilerde daha az varyansa yol açarak daha yüksek doğruluk sunduğunu göstermektedir.

### *Sonuçların Karşılaştırılması*

XGBoost ve Random Forest, dengelenmiş veri setinde en başarılı algoritmalar olarak öne çıkarken, Gaussian verisetinde performans düşüşü gözlemlenmiştir.

Gaussian mekanizması, daha fazla varyans ekleyerek gizliliği artırmış, ancak veri doğruluğunu azaltmıştır. Özellikle sürekli değişkenlerde daha geniş bir dağılıma neden olmuştur.

Laplace mekanizması, daha stabil sonuçlar sunmuş ve veri doğruluğunu daha iyi korumuştur. Ancak gizlilik seviyesi açısından Gaussian kadar güçlü olmayabileceği sonucuna varılmıştır.

### *Öneriler*

Eğer veri gizliliği en önemli öncelikse, Gaussian mekanizması tercih edilebilir. Ancak analiz doğruluğu ve güvenilirliği daha kritikse, Laplace mekanizması daha uygun olabilir.

Veriler üzerinde en yüksek performansı gösteren XGBoost ve Random Forest gibi algoritmalar, özellikle dengelenmiş veri setlerinde güçlü sonuçlar vermektedir. Bu yüzden, gizlilik gereksinimlerine rağmen bu algoritmaların kullanımı teşvik edilmelidir.

Epsilon ve delta gibi diferansiyel mahremiyet parametreleri dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Bu parametrelerin ayarlanması, gizlilik ve veri doğruluğu arasındaki dengenin kurulmasında kritik rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, diferansiyel mahremiyetin sağlık verileri üzerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve Laplace ile Gaussian mekanizmalarının farklı avantaj ve dezavantajlar sunduğunu göstermektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Atalay, H. N. (2021). Mahremiyet Kapsamında Kişisel Sağlık Verilerinin Korunması ve Depolanması. *Journal of Academic Perspective on Social Studies* (1), 1-20. <https://doi.org/10.35344/japss.786353>
- [2] Dwork, C. (2006). Differential Privacy. *Proceedings of the 33rd International Conference on Automata, Languages and Programming*.
- [3] Dwork, C., & Roth, A. (2014). *The Algorithmic Foundations of Differential Privacy*. Foundations and Trends in Theoretical Computer Science.
- [4] Narayanan, A., & Shmatikov, V. (2008). Robust De-anonymization of Large Sparse Datasets. *IEEE Symposium on Security and Privacy*.
- [5] Windridge, D., & Bober, M. (2014). A Kernel-based Framework For Medical Big-data Analytics. *Interactive Knowledge Discovery and Data Mining in Biomedical Informatics: State-Of-The-Art and Future Challenges*, 197-208.
- [6] Reinbold, P. A., Kageorge, L. M., Schatz, M. F., & Grigoriev, R. O. (2021). Robust Learning From Noisy, Incomplete, High-dimensional Experimental Data Via Physically Constrained Symbolic Regression. *Nature Communications*, 12(1), 3219.
- [7] Canbay, Y., & Sağiroğlu, Ş. (2020). Derin Öğrenmede Diferansiyel Mahremiyet. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 6(1), 1-16.
- [8] Zia, M. T., Khan, M. A., & El-Sayed, H. (2020, November). Application of Differential Privacy Approach in Healthcare Data—A Case Study. In *2020 14th International Conference on Innovations in Information Technology (IIT)*. 35-39.
- [9] Alnemari, A., Romanowski, C. J., & Raj, R. K. (2017, August). An Adaptive Differential Privacy Algorithm For Range Queries Over Healthcare Data. In *2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*. 397-402.
- [10] Li, J., Huang, W., Gao, J., Li, D., Xu, L., & Huang, J. (2019). Impact of Mobile-based Health Education on The Awareness and Knowledge of Glaucoma in Chinese Patients. *Telemedicine and e-Health*, 25(6), 455-461.
- [11] Ficek, J., Wang, W., Chen, H., Dagne, G., & Daley, E. (2021). Differential Privacy in Health Research: A Scoping Review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 28(10), 2269-2276.
- [12] Domingo-Ferrer, J., Sánchez, D., & Blanco-Justicia, A. (2021). The Limits of Differential Privacy (And its Misuse in Data Release And Machine Learning). *Communications of The ACM*, 64(7), 33-35.



- [13] Abowd, J., & Schmutte, I. (2019). An Economic Analysis of Privacy Protection and Statistical Accuracy as Social Choices. *American Economic Review*.
- [14] Mironov, I. (2017). Rényi Differential Privacy. *Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems*.
- [15] Balle, B., Barthe, G., & Gaboardi, M. (2018). Privacy Amplification by Subsampling: Tight Analyses via Couplings and Divergences. *Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning*.
- [16] Liu, W., Zhang, Y., Yang, H., & Meng, Q. (2024). A Survey On Differential Privacy For Medical Data Analysis. *Annals of Data Science*, 11(2), 733-747.
- [17] Kairouz, P., Oh, S., & Viswanath, P. (2015). The Composition Theorem For Differential Privacy. In *International Conference on Machine Learning*. PMLR. 1376-1385.
- [18] Murtagh, J., & Vadhan, S. (2015). The Complexity of Computing The Optimal Composition of Differential Privacy. In *Theory of Cryptography Conference*. Springer Berlin Heidelberg. 157-175.
- [19] <https://www.kaggle.com/datasets/abhayayare/health-metrics-dataset?resource=download> Erişim tarihi: 01.09.2024
- [20] Fernández, A., Garcia, S., Herrera, F., & Chawla, N. V. (2018). SMOTE for learning from imbalanced data: progress and challenges, marking the 15-year anniversary. *Journal of artificial intelligence research*, 61, 863-905.
- [21] Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction* (2).1-758.

# DRONE HABERLEŞME GÜVENLİK ANALIZI VE HABERLEŞME ATAKLARI UYGULAMASI

Mehmet KARA<sup>1,\*</sup>, Emirhan DURSUN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yazılım Mühendisliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Turkey, ORCID: 0000-0001-7312-0503

<sup>2</sup> Yazılım Mühendisliği, Öğrenci, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Turkey

## Article Info

### Oral Presentation

### Anahtar Kelimeler

Drone  
Communication Security  
DoS  
Traffic Analysis

## Abstract

Drone usage continues to increase in many areas of life such as security, transportation, entertainment, and video shooting. Communication security is extremely critical for drones to perform their functions correctly and to ensure the security of the data they transmit. In this study, a security analysis of a recreational drone flying with a communication protocol specially developed by the manufacturer was conducted. The operating system, communication ports, and data traffic of the drone, for which the manufacturer did not provide information, were analyzed and out-of-service attacks were made.

\*Corresponding Author E-mail : mehmet.kara@kocaelisaglik.edu.tr

## I. GİRİŞ

Son zamanlarda, izleme, paket taşıma, gösteri, keşif, haberleşme gibi pek çok uygulamada kullanılmasından dolayı drone sayısında önemli bir artış yaşanmaktadır. Bu artış insanların ihtiyaçlarına cevap verme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır [1]. Nesnelerin interneti (IoT- Internet of Things) devriminin bir parçası olan drone araçları son yıllarda mahremiyet ihlali sorunlarının yanı sıra havaalanı ve askeri güvenlik nedeniyle dikkat çekmiştir. Özellikle kamera ve diğer sensörler olmak üzere giderek artan miktarda teknolojiye sahip oldukları için, bilgisayar korsanları ve sızma (penetrasyon) testçileri için de çekici hedeflerdir. Gerek drone aracının maliyeti gerekse içerisinde bulunan gömülü sistemin işlemci ve bellek sınırlamasından dolayı sınırlı güvenlik önlemi alınabilmektedir. Son yıllarda bu araçlara da yaygın olarak atakların uygulandığı gözlenmektedir. Yaşanan vakalar sonucunda her seviyeden drone araçlarında da güvenlik mekanizmalarına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır.

İnsansız Hava Araçları, başlangıçta, insan hayatını riske atmadan bir çatışma bölgesine stratejik veya taktiksel bir işlevin yerleştirileceği ve konuşlandırılacağı askeri operasyonlarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu işlevler, keşif ve gözetlemeden faydalı yükün teslimine kadar uzanmaktadır. Tarihsel olarak farklı drone türleri kullanılmış olsa da, günümüzde modern bir drone olarak kabul ettiğimiz şey, elektronik iletişim yeteneklerine ve çeşitli sensör sistemlerine sahip, uzaktan kumandalı veya otomatik uçan bir araç olarak değerlendirilmektedir [1]. Askeri ve kritik uygulamalarda kullanılan drone araçlarında uydu, radyo frekans, GSM haberleşme altyapıları kullanılmakta olup, kullanım alanına göre gömülü sistem ve haberleşme güvenlik önlemleri eklenmektedir.

Drone araçları ticari uygulamalar, Ar-Ge uygulamaları yanında hobi meraklıları tarafından da kullanılmaktadır. Drone araçlarının üretimi ve geliştirilmesine yönelik artan talep, Bilişim teknolojisinin diğer alanlarında olduğu gibi

drone araçlarında birçok güvenlik açığının bulunmasına yol açmıştır. Bu da drone araçlarının hem tasarımdan kaynaklı hem de üzerindeki gömülü sistemin kaynak sınırlılığından dolayı kolayca güvenliğinin kötüye kullanılmasının önu açmıştır [4]. Söz konusu güvenlik açıklarının kötüye kullanılması, kişisel veya kurumsal bilgilerin yetkisiz kişiler tarafından ifşa edilmesine, drone aracının devre dışı bırakılmasının hatta ele geçirilmesinin yolunu açmaktadır.

Son yıllarda kişisel ve kurumsal verilerin kötüye kullanılmasına paralel olarak, bilişim teknolojilerinde mahremiyete olan ihtiyacı artmıştır. IoT cihazları ve insansız hava araçlarının popülaritesi hem ticari hem de kamu sektörlerinde, mahremiyet endişelerinin de aynı hızda ele alınması gerekmektedir [5]. Bu çalışma kapsamında girişi seviyesinde drone araçlarındaki haberleşme güvenlik önlemleri analiz edilerek olası zafiyetler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Aden 59s drone aracına yönelik güvenlik testleri yapılmış ve zafiyetler ortaya konulmuştur.

Makalenin geri kalanı şöyle organize edilmiştir: Bölüm 2'de literatürde bu konuda yapılan çalışmalar, Bölüm 3'de drone mimarisi ve güvenlik özellikleri, Bölüm 4'de drone aracına sızma, Bölüm 5'de is sonuç ve gelecek çalışmalar ele alınmıştır.

## II. LİTERATÜR TARAMASI

Birçoğu askeri ve istihbarat amaçlı kritik uygulamalarda kullanılmasından dolayı ilk uygulamalarla birlikte Drone güvenliği de gündemde olmuştur. Özellikle haberleşme güvenliği, siber fiziksel güvenlik, gömülü sistem güvenliği Drone cihazları için kritik önem arz etmektedir. Sistemin toplamda güvenli olması için tasarım, geliştirme, konfigürasyon aşamalarında güvenlik kriterlerinin sıkı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Drone araçlarının, sivil, ticari ve askeri alanlarda kullanımının hızla artması, bu araçlara yönelik güvenlik açıklarını araştıran çalışmaların da çoğalmasına neden olmuştur. Bu kapsamda, özellikle son yıllarda yapılan



çalışmalar, Drone araçlarının hem operasyonel hem de iletişim sistemlerindeki güvenlik açıklarına odaklanmaktadır. Drone araçları, gelişen teknolojiyle birlikte veri toplama, izleme, paket taşıma, keşif, fiziksel atak ve haberleşme gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yaygınlaşma, özellikle güvenlik konusunda ciddi zafiyetleri de ortaya çıkarmaktadır.

Yapılan birçok çalışma, özellikle gömülü sistemlerin ve kullanılan haberleşme protokollerinin güvenliği üzerinde yoğunlaşmıştır.

Chen ve arkadaşları [3], Drone cihazlarının siber saldırılara karşı savunmasız olduğunu ve bu araçların gömülü sistemlerinin sınırlı işlemci gücü ve bellek kapasitesi nedeniyle yeterli güvenlik önlemleri alamadığını belirtmiştir. Araştırma, Drone cihazlarının düşük maliyetli donanımlar kullanması nedeniyle güvenlik tehditlerine açık hale geldiğini ve bu durumun, hem kişisel hem de kurumsal verilerin güvenliği açısından ciddi riskler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Li ve Liu yaptıkları çalışmada, Drone araçlarının IoT ekosistemi içerisindeki yerini ve bu ekosistemle etkileşiminden kaynaklanan güvenlik sorunlarını incelemiştir. Araştırma, IoT cihazları ve drone araçları arasında gerçekleştirilen veri transferlerinde ortaya çıkabilecek mahremiyet ihlallerine dikkat çekmiş ve bu bağlamda yeni nesil güvenlik çözümlerinin geliştirilmesi gerektiğini önermiştir. Drone araçlarının geniş IoT ağları içerisinde kullanımı arttıkça, güvenlik açıklarının daha karmaşık hale geleceğini ve bu nedenle bu sistemlerin güvenliğini sağlamak için entegre güvenlik yaklaşımlarının benimsenmesi gerektiğini öne sürmektedir [2].

Zhang ve Wang, yaptıkları çalışmada, ticari drone araçlarında kullanılan Wi-Fi protokollerinin güvenlik açıklarına odaklanmıştır. Bu çalışma, Wi-Fi üzerinden gerçekleştirilen iletişimin, saldırganlar tarafından kolaylıkla ele geçirilebileceğini ve bu durumun drone cihazlarının kontrolünü kaybetme riski yarattığını vurgulamıştır. Zhang ve Wang, özellikle Wi-Fi şifreleme algoritmalarının kırılabilirliği üzerinde durarak, bu tür saldırılara karşı alınabilecek önlemleri tartışmıştır. Çalışmanın sonuçları, mevcut şifreleme teknolojilerinin yetersiz kaldığını ve daha güvenli protokollerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir [6].

Liu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, drone cihazlarının güvenlik açıklarının sızma testleri ile belirlenmesine yönelik metodolojiler geliştirmiştir. Bu çalışmada, kullanılan sızma testleri araçları ve teknikleri incelenmiş ve drone araçlarının gömülü sistemlerindeki açıkların tespiti için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Özellikle Wireshark ve Aircrack-ng gibi araçların kullanımıyla, drone araçları ve yer istasyonları arasındaki iletişimin güvenliği analiz edilmiştir. Çalışmanın bulguları, ticari drone araçlarının mevcut güvenlik açıklarının, hem kullanıcıların gizliliğini hem de operasyonların bütünlüğünü tehdit ettiğini ortaya koymuştur [7].

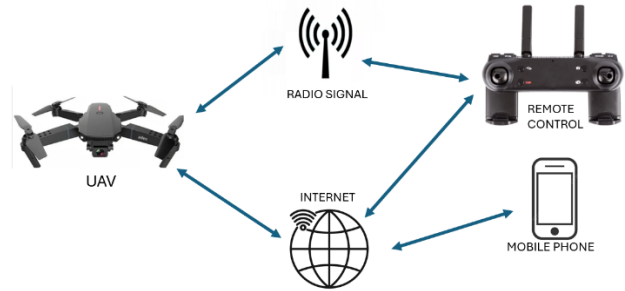
Son yıllarda yapılan çalışmalar, drone araçlarının gömülü sistemleri ve haberleşme protokollerindeki güvenlik

açıklarına yönelik farkındalığın arttığını göstermektedir. Bu çalışmalar, drone araçlarının kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, bu araçların güvenliğinin sağlanması için daha gelişmiş güvenlik protokollerine ve gömülü sistemlere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Bu araştırma, drone araçları ile yer istasyonları arasındaki Wi-Fi iletişiminin güvenliğini analiz ederek, mevcut zayıflıkları belirlemeyi ve İHA sistemlerinin genel güvenliğini artırmayı hedeflemektedir.

### III. DRONE MİMARİSİ VE GÜVENLİK ANALİZİ

Drone mimarisinde Drone, Kontrol ünitesi, Veri görüntüleme uygulaması, haberleşme ortamı bulunmaktadır. Tipik bir Drone mimarisi Şekil 1'de görülmektedir. Bu çalışmada Aden 59S drone aracının haberleşme güvenliği ve gömülü sistem güvenliği analiz edilmiştir.

Drone Nmap güvenlik aracı ile taranarak açık portları ve üzerindeki gömülü sistem açıklıkları irdelenmiştir.



Şekil 1. Drone mimarisi

Drone haberleşme kanalları aracılığı ile hem komut almakta hem de sensörleri tarafından topladığı bilgileri Drone uygulamasına göndermektedir. Haberleşme kanalı olarak RF, Uydur, GSM veya Wi-Fi kullanılabilir. Bunlar Drone cihazının kullanım amacına kapsamına göre belirlenmekte ve aynı anda bir veya birkaçı birden Drone cihazında bulunabilmektedir.

Bu çalışma kullanılan Aden E59S drone Wi-Fi ve RF üzerinde haberleşmektedir. Drone çalıştırıldığında kendisi bir Erişim Noktası (Access Point) olarak görev yapmakta cep telefonundan bu erişim noktasına bağlantı yapılarak Drone kamera görüntüsü, yükseklik gibi bilgiler uygulama aracılığı ile görülebilmektedir.

### IV. DRONE ARACINA SIZMA

Kritik görevde kullanıldığı için drone cihazının sakladığı, işlediği ve ilettiği verilerin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Bunların sağlanabilmesi için drone varlıklarına ait gizlilik, bütünlük ve erişilebilirliğin korunması gerekmektedir.

#### A. Açık Port ve İşletim Sistemi Tespiti

Drone aracına uzaktan bağlanabilmesi veya var olan açıklıklarının bulunabilmesi için açık port tarama aracı Nmap ile taranmıştır. Taramada hem çalışan servisler hem de işletim

sistemi tespit edilmeye çalışılmıştır. Tarama sonuçları şekil 2’de ve Şekil 3’de verilmektedir.

```
(kali@kali)~$ sudo nmap -sU -p 1-65535 /kali/home/Documents/Drone1.txt 192.168.169.1
Starting Nmap 7.92 ( https://nmap.org ) at 2023-03-20 12:30 EDT
Unable to split netmask from target expression: "/kali/home/Documents/Drone1.txt"
Stats: 0:00:25 elapsed; 0 hosts completed (1 up), 1 undergoing UDP Scan
UDP Scan Timing: About 56.69% done; ETC: 12:30 (0:00:15 remaining)
Nmap scan report for 192.168.169.1 (192.168.169.1)
Host is up (0.0084s latency).
Not shown: 65531 closed udp ports (port-unreach)
PORT      STATE SERVICE
67/udp    open|filtered dnmp
1234/udp   open|filtered search-agent
8800/udp   open|filtered sunwebadmin
55176/udp  open|filtered unknown
MAC Address: A8:17:10:0A:4A:5E (Unknown)

Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 37.79 seconds
```

Şekil 2. Nmap UDP tarama sonuçları

Şekil 2’de tüm UDP tür portlar taranmış. Bazı portların açık olduğu, onların da filtrelendiği gözlemlenmiştir.

```
(kali@kali)~$ sudo nmap -sS -O -vv -v /home/kali/Documents/Drone1.txt 192.168.169.1
Starting Nmap 7.92 ( https://nmap.org ) at 2023-03-20 12:11 EDT
NSE: Loaded 45 scripts for scanning.
Unable to split netmask from target expression: "/home/kali/Documents/Drone1.txt"
Initiating ARP Ping Scan at 12:11
Scanning 192.168.169.1 [1 port]
Completed ARP Ping Scan at 12:11, 0.07s elapsed (1 total hosts)
Initiating Parallel DNS resolution of 1 host. at 12:11
Completed Parallel DNS resolution of 1 host. at 12:12, 3.51s elapsed
Initiating SYN Stealth Scan at 12:12
Scanning 192.168.169.1 (192.168.169.1) [1000 ports]
Increasing send delay for 192.168.169.1 from 0 to 3 due to 11 out of 32 dropped probes since last increase.
Increasing send delay for 192.168.169.1 from 3 to 10 due to 11 out of 32 dropped probes since last increase.
Completed SYN Stealth Scan at 12:12, 14.83s elapsed (1000 total ports)
Initiating Service scan at 12:12
Initiating OS detection (try #1) against 192.168.169.1 (192.168.169.1)
Retrying OS detection (try #2) against 192.168.169.1 (192.168.169.1)
NSE: Script scanning 192.168.169.1.
Initiating NSE at 12:12
Completed NSE at 12:12, 0.00s elapsed
Initiating NSE at 12:12
Completed NSE at 12:12, 0.00s elapsed
Nmap scan report for 192.168.169.1 (192.168.169.1)
Host is up (0.0085s latency).
All 1000 scanned ports on 192.168.169.1 (192.168.169.1) are in ignored states.
Not shown: 1000 closed tcp ports (reset)
MAC Address: A8:17:10:0A:4A:5E (Unknown)
Warning: OSScan results may be unreliable because we could not find at least 1 open and 1 closed port
Aggressive OS guesses: 2x Hellion IP VoIP #00rbell (95%), Advanced Illumination MCS-100C 1 logging controller (95%), AudioControl D3400 network amplifier (95%), British Gas GS-23 d ata logger (95%), Baysequeerra Mx-221 radio (95%), Denver Electronics AC-5000W MK2 camera (95%), DTE Energy Pringo (Wi-Fi stick) (95%), Gologic Pro (FrontGate) (95%), Expressif esp8266 Firmware (LuIP stick) (95%), Expressif ESP8266 Wi-Fi system-on-a-chip (95%)
No exact OS matches for host (test conditions non-ideal).
Network Distance: 1 hop

Read data files from: /usr/bin/./share/nmap
OS and Service detection performed. Please report any incorrect results at https://nmap.org/submit/ .
Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 22.42 seconds
Raw packets sent: 1091 (49.128%) | Rcvd: 1026 (41.552%)
```

Şekil 3. TCP port taraması

Şekil 3’de TCP port ve işletim sistemi tanıma sonucu görülmektedir. Bu taramada hiçbir TCP portunu açık olmadığı işletim sisteminin de tanımadığı tespit edilmiştir. Gömülü sistem olması ve paylaşılacak bilgilerin sınırlandırılmasından dolayı bu sonucun elde edildiği değerlendirilmektedir.

### B. Drone Cihazının Servis Dışı Bırakılması

Servis dışı bırakma atakları herhangi bir BT ürününün ele geçirilememesi veya verilerinin gizlilik ve bütünlüğünün bozulmaması durumunda devre dışı bırakılması için yaygın kullanılan atakların başında gelmektedir. Özellikle kablosuz iletişimde sinyaller havaya gönderildiği için fiziksel bir temas olmadan da servis dışı bırakma atakları yapılabilir.

Bu atak senaryosunda Kali Linux içerisinde bulunan Aircrack-ng araç setinden aireplay-ng komutu kullanılmıştır.

```
root@kali:~# aireplay-ng -deauth 1000 -a A8:17:10:0A:4A:5E wlan0mon
```

komutu kullanılarak atak gerçekleştirilmiştir. Atak sonucunda drone kamera görüntülerini izleyen telefon uygulaması drone arasından koparılmıştır. Burada --deauth parametresinde sonra belirtilen sayı kadar paket gönderilir. Bu paket sayısı arttıkça o cihazın bağlantısı koptuktan sonra uzun süre bağlanmamasına neden olacaktır.

Eğer drone haberleşme kanalı şifreli ise yeniden bağlanma aşamasında hali hazırda çalışır durumda olan Airodump komutu bağlanacak cihazın gönderdiği şifreli Wi-Fi parolasını yakalar. Yakalanan bu şifreli parola, parola kırma araçlarıyla kırılabilir. Bu drone şifreli haberleşme yapmadığı için şifre yakalama ve kırma aşaması uygulanmamıştır.

### C. Haberleşme Trafiğinin Dinlenmesi

Drone araçları doğası gereği kablosuz ortam üzerinde haberleşirler. Haberleşme paketleri doğrudan hava üzerinden gönderildiği için dinlenmeyi önleminin bir yolu da yoktur. Ancak kritik uygulamalarda kullanılan drone araçları şifreli haberleşirler. Buna bağlı olarak teknik risklerinden biri de haberleşme trafiğinin dinlenmesidir. Şifreli trafiğin çözülmesi zor olmakla birlikte drone haberleşme protokolü bilinen bir protokol değilse aktarılan verilerin ve iletilen komutların anlaşılması da kolay olmamaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan Aden E59S drone aracının haberleşme protokolü standart olmadığı için paket dinleme aracı Wireshark haberleşme protokolünü doğrudan çözümleyememektedir.

Drone ve mobil uygulama arasındaki paketlerin dinlenmesi için Şekil 4’deki komutlar uygulanmıştır.

```
root@kali:~# airmmon-ng start wlan0
root@kali:~# iwconfig
root@kali:~# airodump-ng wlan0mon
root@kali:~# airodump-ng --bssid A8:17:10:0A:4A:5E --channel 4 --write drone_packets wlan0mon
root@kali:~# aireplay-ng --deauth 5000 -a A8:17:10:0A:4A:5E wlan0mon
```

Şekil 4. Paket dinlemesi için uygulama komutları

Drone ve mobil uygulama arasındaki haberleşme Kali Linux işletim sistemine eklenen bir harici kablosuz ethernet kartı üzerinden yapılmıştır. Trafiği dinlemede kullanılan komutlar Şekil 4’de yer almaktadır.

root@kali:~# airmmon-ng start wlan0: Kablosuz Ethernet kartını başlatmayı sağlar.

root@kali:~# iwconfig: Kablosuz ethernet kartı IP adresinin gösterir.

root@kali:~# airodump-ng wlan0mon: Kablosuz Ethernet kartı belirtilen MAC adresini belirtilen kanaldan dinler ve bertilen dosyaya paketleri pcap formatında kaydeder.

Bu adımlar kullanılarak Aden E59S drone aracının ağ trafik paketleri dinlenmiş ve CAP, CSV, NETXML uzantılı dosyalar yakalanmıştır. Uygulama komutları ve kameradan gelen JPEG verileri CAP uzantılı dosya içerisinde bulunmaktadır. Wireshark kullanılarak incelenen CAP dosyaları, drone aracının ilettiği kamera verilerini içermektedir. Yakalanan veri paketlerine ait ekran görüntüsü Şekil 5’de görülmektedir.





Gelecek çalışmalarda cihazın fiziksel arayüzünden veri alınmaya çalışılabilir. Yakalanan paketlerin analizi ile daha net görüntü tespiti yapılabilir. Ayrıca drone araçlarının birçoğu şifreli bir kanal üzerinden üzerinde haberleşme sağlamaktadır. Şifreli kanal üzerinde aktarılan verilerin yakalanıp içeriğinin görüntülenmesi üzerine çalışılabilir.

#### **KAYNAKÇA**

- [1] DeBiase M., Kosi F., “Mercy Collage Witreless Drone Hacking”, Mercy Collage Cyber Security, 2018
- [2] Li, W., & Liu, S. (2023). Privacy and security issues in IoT-driven UAV systems: An overview and future directions. *ACM Computing Surveys*, 55(2), 1-29.
- [3] Chen, X., Li, Y., & Zhang, J. (2021). Security vulnerabilities and challenges in unmanned aerial vehicles: A comprehensive survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(3), 2345-2360.
- [4] Yaacoub J.P., Noura H., Salman O., Chehab A., “Security Analysis of Drones Systems: Attacks, Limitations, and Recommendations”, 2020
- [5] Gabrielsson J., “Hacking Your Drona Data”, Malmç University, 2020
- [6] Zhang, Y., & Wang, L. (2022). Wi-Fi security in commercial drones: Risks and mitigation strategies. *Journal of Network and Computer Applications*, 191, 103108.
- [7] Liu, M., Huang, Y., & Zhou, F. (2023). Penetration testing methodologies for embedded systems in drones. *IEEE Access*, 11, 34567-34581.

# MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS OF TUMOR GROWTH AND MACROPHAGE RESPONSE: A MATHEMATICAL EXPLORATION OF TUMOR SUPPRESSION AND PROGRESSION

Peren Jerfi Canatalay<sup>1</sup>, Mehmet Akif Cifci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Istinye University, 34396 Istanbul, Türkiye, 0000-0002-0702-2179*

<sup>2</sup>*Engineering and Informatics Department, Klaipėdos Valstybinė Kolegija/Higher Education Institution, 92294 Klaipėda, Lithuania, 0000-0002-6439-8826*

Article Info	Abstract
<b>Oral Presentation</b>	Cancer remains one of the most significant global health challenges, with millions of new cases and deaths reported annually. Understanding the mechanisms of tumor growth and the role of the immune system in controlling or promoting this growth is critical. In particular, macrophages, which are key immune cells, play dual roles in either suppressing or supporting tumor development. This paper focuses on developing a mathematical model that simulates the interactions between tumor cells and two types of macrophages— M1 and M2. M1 macrophages are known for their tumor-suppressing abilities, while M2 macrophages can promote tumor growth through the release of cytokines that encourage cancer cell survival and proliferation. The proposed model is built to account for the non-linear, saturated response of M2 macrophages to highly dense tumor cell populations. By incorporating terms such as the Michaelis-Menten function, we introduce a more realistic representation of M2 macrophage dynamics, which become saturated and less effective as tumor cells increase. This approach departs from simpler models, allowing for a more nuanced understanding of tumor-macrophage interactions.
<b>Keywords</b>	Through analysis of equilibrium points and stability conditions, we demonstrate that tumor-free equilibria are always stable, while tumor-dominant scenarios exhibit complex behaviors, including stable and unstable limit cycles. The existence of a Hopf bifurcation is also shown, which can lead to chaotic behavior under certain conditions. The model predicts that when M2 macrophages exhibit a higher activation rate due to the presence of tumor cells, their pro-tumor effects accelerate disease progression, overwhelming the tumor suppressing actions of M1 macrophages.
<i>Tumor growth</i>	Moreover, the model introduces the concept of a bistable region, where the system can settle into different states depending on the initial conditions and perturbations. In cases where small perturbations occur, the system tends to return to a stable equilibrium, suggesting that immune responses may successfully control tumor growth. However, when larger perturbations are introduced, the system is pushed into an unstable limit cycle, allowing the tumor to grow unchecked. This highlights the sensitivity of the immune-tumor dynamics to external influences, further emphasizing the need for precise therapeutic interventions. By understanding the thresholds at which the system transitions from stability to instability, future cancer therapies could be designed to keep the immune system in a state that favors tumor suppression, thereby reducing the likelihood of tumor progression.
<i>Macrophages</i>	The results provide key insights into the importance of balancing immune responses, particularly in the development of therapies aimed at reprogramming macrophages from the tumor-promoting M2 type to the tumor-fighting M1 type. These findings have implications for cancer treatment strategies, especially in the context of immunotherapy, where enhancing the anti-tumor activity of immune cells can be critical to achieving lasting remission.
<i>Immune response</i>	
<i>Mathematical modeling</i>	
<i>Hopf bifurcation</i>	

\*Corresponding Author E-mail: [peren.canatalay@istinye.edu.tr](mailto:peren.canatalay@istinye.edu.tr)

## I. INTRODUCTION

Cancer remains one of the leading global health challenges, claiming millions of lives annually despite significant advancements in medical science [1,2]. The progression of tumors and the role of the immune system in either suppressing or promoting tumor growth have become critical areas of investigation. Within this context, macrophages, key immune cells, have garnered significant attention for their dual roles in tumor dynamics. These cells can act as tumor suppressors or facilitators, depending on their phenotype. M1 macrophages are known for their tumor-inhibiting functions, while M2 macrophages are associated with tumor progression, supporting survival, proliferation, and immune escape mechanisms [3,4].

Understanding the interactions between macrophages and tumor cells is vital for designing targeted therapies. However, many existing mathematical models of tumor growth overlook key biological phenomena, such as the saturation effect exhibited by M2 macrophages under conditions of high tumor cell density. This effect significantly alters tumor dynamics and presents challenges to predicting outcomes using linear or overly simplified models [5,6].

This study aims to develop a comprehensive mathematical model that captures the complex, non-linear interactions between tumor cells and macrophages, particularly focusing on the roles of M1 and M2 macrophages. The proposed model incorporates a Michaelis-Menten function to describe the saturation dynamics of M2 macrophages, allowing for a more realistic representation of their behavior [7,8]. By analyzing the system's equilibrium points, stability, and bifurcation properties, the study explores conditions under which the tumor can be suppressed or progress unchecked.

The findings highlight the sensitivity of tumor-immune dynamics to changes in macrophage behavior and initial conditions. This work offers new insights into how therapeutic strategies could shift the balance toward tumor suppression by reprogramming macrophages or modulating their activation thresholds [9,10]. The results also emphasize the importance of identifying critical thresholds that determine whether the immune system can maintain control over tumor growth or if interventions are required to prevent progression.



## II. METHODOLOGY

This study develops a mathematical model to explore the interactions between tumor growth and macrophage responses, focusing on the distinct roles of M1 and M2 macrophages. The methodology involves constructing and analyzing a system of differential equations that represent tumor-immune dynamics, incorporating non-linear interactions and saturation effects.

### A. Model Framework

The model considers three primary components:

1. **Tumor Cells:** Represented as a population whose growth is influenced by interactions with macrophages and intrinsic growth rates.
2. **M1 Macrophages (Tumor-Suppressing):** Their activation is driven by tumor presence, and they exhibit tumor-killing behavior through cytokine release and immune-mediated destruction.
3. **M2 Macrophages (Tumor-Promoting):** These macrophages support tumor progression by releasing cytokines that promote cell survival and proliferation. Their response to tumor density is modeled using the Michaelis-Menten function to capture saturation effects.

### B. Mathematical Model

The interactions are described by a system of ordinary differential equations (ODEs), with variables representing tumor cell populations and the densities of M1 and M2 macrophages. The key features of the model include:

Logistic growth for tumor cells in the absence of immune intervention.

Activation terms for M1 macrophages that depend on tumor presence.

A saturation term for M2 macrophages using the Michaelis-Menten function, reflecting reduced efficiency at high tumor densities.

Coupled interactions between M1 and M2 macrophages to simulate their competitive influence on tumor dynamics.

### C. Stability and Bifurcation Analysis

To analyze the system's behavior:

1. **Equilibrium Points:** The model identifies tumor-free and tumor-dominant states. Stability conditions for these points are derived to determine the scenarios under which tumors are suppressed or progress unchecked.
2. **Hopf Bifurcation Analysis:** The existence of bifurcations is examined to explore oscillatory and chaotic behaviors in the tumor-immune system. These behaviors represent transitions between stable and unstable states, influenced by macrophage activation rates and initial tumor sizes.
3. **Bistability Regions:** The model identifies regions where the system can settle into different stable states based on initial conditions, highlighting the sensitivity of tumor progression to perturbations.

### D. Numerical Simulations

Simulations are conducted to validate the model and explore the dynamic behaviors under various scenarios:

1. Varying initial conditions to study tumor suppression or progression.
2. Testing the impact of macrophage activation rates and tumor density thresholds on stability.
3. Visualizing bifurcation diagrams, limit cycles, and trajectory plots to illustrate the system's transitions.

### E. Practical Implications

The methodology emphasizes the predictive value of the model for designing therapies aimed at reprogramming M2 macrophages into M1 macrophages. By identifying critical thresholds for system destabilization, the model provides insights into targeted interventions that maintain tumor suppression and prevent progression.

This approach bridges theoretical modeling with potential clinical applications, paving the way for novel strategies in immunotherapy and tumor control.

## III. RESULTS

This section presents the findings from the mathematical modeling of tumor growth and macrophage interactions. The results are categorized into equilibrium analysis, bifurcation behaviors, and numerical simulations to illustrate the dynamics of tumor progression and suppression under various conditions.

### A. Equilibrium Analysis

#### 1) Tumor-Free Equilibrium:

The analysis revealed that the tumor-free equilibrium is always stable when M1 macrophages maintain dominance. This stability corresponds to a state where the immune system effectively suppresses tumor growth, preventing its progression.

#### 2) Tumor-Dominant Equilibrium:

In scenarios where M2 macrophages dominate due to elevated activation rates or reduced M1 activity, the system stabilizes at a tumor-dominant equilibrium. This equilibrium reflects unchecked tumor growth driven by the tumor-promoting influence of M2 macrophages.

### B. Bistability and Perturbation Sensitivity

The model demonstrated the presence of bistable regions, where the system's trajectory depends on initial conditions:

**Small Perturbations:** When small perturbations occur, the system tends to return to a stable equilibrium, typically favoring tumor suppression.

**Large Perturbations:** Significant disturbances push the system into unstable limit cycles, leading to uncontrolled tumor growth. This behavior highlights the sensitivity of tumor-immune dynamics to external influences and underscores the importance of maintaining a balance between macrophage populations.

### C. Bifurcation Analysis

#### 1) Hopf Bifurcation:

The results confirm the existence of a Hopf bifurcation when M2 macrophage activation rates exceed a critical

threshold. This bifurcation leads to oscillatory behaviors, where the tumor cell population alternates between growth and suppression in cycles.

## 2) *Chaotic Dynamics*

Under specific conditions, such as high M2 activation rates and limited M1 responses, the system exhibits chaotic behavior. This unpredictability highlights the complexity of tumor-immune interactions and the potential for sudden shifts in tumor progression.

### D. *Numerical Simulations*

#### 1. Impact of Macrophage Activation Rates:

- Increased M1 Activity: Simulations showed that enhancing M1 activation rates leads to sustained tumor suppression, even under high tumor cell densities.
- Elevated M2 Activity: When M2 macrophage activation rates dominate, the tumor progresses rapidly, overwhelming the immune system.

#### 2. Saturation Effects:

The inclusion of a Michaelis-Menten term for M2 macrophages revealed saturation dynamics, where their tumor-promoting efficiency diminishes as tumor density increases. This saturation introduces complex nonlinear interactions that can stabilize or destabilize the system.

#### 3. Stability Thresholds:

The simulations identified critical thresholds for stability transitions. Below these thresholds, the immune system successfully contains the tumor, while exceeding them leads to progression or oscillatory dynamics.

### E. *Therapeutic Implications*

The results demonstrate that reprogramming M2 macrophages to adopt M1-like behaviors significantly alters the system's trajectory, steering it toward tumor suppression. Additionally, fine-tuning macrophage activation rates offers a potential strategy for maintaining the immune system in a stable state, reducing the risk of tumor progression.

## IV. CONCLUSION

This study developed a mathematical model to investigate the complex interactions between tumor growth and macrophage responses, focusing on the opposing roles of M1 and M2 macrophages. By incorporating non-linear dynamics and saturation effects using the Michaelis-Menten function, the model provides a more realistic representation of tumor-immune interactions. The results reveal critical insights into tumor suppression and progression mechanisms, emphasizing the significance of balancing immune responses.

The study underscores the importance of understanding immune system thresholds and the delicate balance between macrophage populations in controlling tumor dynamics. These findings can inform the development of targeted therapies aimed at enhancing M1 activity or mitigating M2-mediated tumor promotion.

Future work could explore extensions of the model to include additional immune components, spatial dynamics, or the effects of various treatment interventions. These enhancements would provide a more comprehensive understanding of tumor-immune interactions and support the design of precision therapies for cancer management.

## REFERENCES

- [1] World Health Organization (WHO), "Cancer Statistics," 2021.
- [2] Siegel, R.L., et al., "Cancer statistics, 2022," *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, vol. 72, no. 1, pp. 7-33, 2022.
- [3] Mantovani, A., et al., "Macrophage polarization: tumor-associated macrophages as a paradigm for polarized M2 mononuclear phagocytes," *Trends in Immunology*, vol. 23, no. 11, pp. 549-555, 2017.
- [4] Allavena, P., et al., "The inflammatory micro-environment in tumor progression: the role of tumor-associated macrophages," *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, vol. 66, no. 1, pp. 1-9, 2008.
- [5] Byrne, H.M., et al., "Modelling aspects of cancer dynamics: a review," *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 364, no. 1843, pp. 1563-1578, 2006.
- [6] de Pillis, L.G., et al., "A validated mathematical model of cell-mediated immune response to tumor growth," *Cancer Research*, vol. 65, no. 17, pp. 7950-7958, 2005.
- [7] Michaelis, L., and Menten, M.L., "Die kinetik der invertinwirkung," *Biochemische Zeitschrift*, vol. 49, pp. 333-369, 1913.
- [8] Chaturvedi, R., et al., "Mathematical modeling of macrophage polarization to predict anti-inflammatory responses," *Immunology*, vol. 131, no. 2, pp. 153-163, 2010.
- [9] Murray, P.J., and Wynn, T.A., "Protective and pathogenic functions of macrophage subsets," *Nature Reviews Immunology*, vol. 11, no. 11, pp. 723-737, 2011.
- [10] Zhang, Q., et al., "Tumor-immune dynamics with macrophage polarization: a mathematical model," *Journal of Theoretical Biology*, vol. 485, pp. 110096, 2020.

# MULTI-SENSOR FUSION WITH KALMAN FILTER

Serhat BİLAL<sup>1</sup>, Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Software Development, Mubitek Tasarım Bilişim AR-GE, Bursa, 16000, TURKEY, **ORCID:** 0009-0003-4328-9764

<sup>2</sup> Department, Mubitek Tasarım Bilişim AR-GE, Bursa, 16000, TURKEY, **ORCID:** 0000-0003-2525-8465

Article Info	Abstract
<b>Oral / Poster Presentation</b>	This study explores the theoretical foundations and applications of multi-sensor fusion used by autonomous vehicles to perceive their surroundings and make decisions effectively and safely. The Kalman Filter (KF) is a key method for predicting the state of dynamic systems and plays a critical role in integrating sensor data. Its contribution to environmental perception, positioning, and route planning in autonomous vehicles is thoroughly detailed.
<b>Keywords</b>	The study examines the advantages, disadvantages, and use conditions of sensors such as Light Detection and Ranging (LiDAR), radar, and camera systems. These sensors are evaluated based on their performance in object detection, classification, distance estimation, edge precision, lane tracking, and functionality in adverse weather and low-light conditions. Multi-sensor fusion is highlighted as a solution to the limitations of individual sensors, improving the vehicle's perception capabilities.
<i>Lidar</i>	The processes of simultaneous sensor data processing, synchronization, measurement updates, and state prediction using KF are explained. KF enhances the accuracy and reliability of sensor data integration, particularly in situations where GPS signals are weak or obstructed, improving the vehicle's perception and positioning.
<i>Radar</i>	In conclusion, this paper addresses the theoretical and practical aspects of multi-sensor fusion in autonomous vehicles, highlighting future research directions. The central role of the Kalman Filter in integrating sensor data for autonomous driving systems is emphasized.
<i>Camera</i>	
<i>Autonomous Driving</i>	
<i>Kalman Filter</i>	

\*Corresponding Author E-mail : [serhat.bilal@mubitek.com](mailto:serhat.bilal@mubitek.com)

## I. INTRODUCTION

The future of modern transportation systems is in autonomous vehicle technologies, and advancements in this field are continuing unabated. The theoretical foundations and applications of multi-sensor fusion, used by autonomous vehicles to perceive their surroundings and make decisions, are examined in this study. To operate safely and effectively, autonomous vehicles require accurate environmental perception and localization. Due to its characteristics, the Kalman Filter (KF) is a reliable method for estimating the state of dynamic systems and plays a crucial role in integrating sensor data.

This study extensively examines the advantages, disadvantages, and operating conditions of LiDAR, radar, and camera systems. The evaluation of each sensor's performance is carried out based on object detection, object classification, distance estimation, object edge sensitivity, lane tracking, visibility range, and functionality in adverse weather conditions and low light.

Furthermore, the study clarifies the procedures for processing sensor data simultaneously, synchronizing data, updating measurements, and estimating state using the KF. The KF is emphasized to improve the environmental perception and localization of autonomous vehicles by ensuring the reliable and accurate integration of sensor data. In situations where GPS signals are insufficient or obstructed, this approach is particularly crucial. By addressing both the theoretical and practical aspects of multi-sensor fusion in autonomous vehicles, this study also discusses future research directions, highlighting the central role of the KF in the integration of sensor data within autonomous vehicles.

## II. LITERATURE REVIEW

Sezgin F. and colleagues, in their study titled "Safe Autonomous Driving in Adverse Weather: Sensor Evaluation

and Performance Monitoring," present the Uncertainty Sensor Fusion and Scaling (USFS) method, an algorithm that plays a significant role in the development of environmental perception and monitoring systems for autonomous vehicles. USFS addresses uncertainties in the integration and scaling processes of data from multiple sensors, providing a solution for more reliable environmental perception. The paper demonstrates the effectiveness and practical applicability of the proposed method by presenting various simulations and experimental results to evaluate the performance of the USFS algorithm. This study is seen as a significant milestone in the advancement of autonomous vehicle technology [1].

In their work called 'Challenges to the Proliferation of Autonomous Vehicles,' Taştan Y. and Kaymaz H. look at the obstacles that prevent autonomous vehicle technologies from being widely adopted. Information on the technical components of autonomous vehicles, such as sensors, hardware, and software, is provided in the study. Technical deficiencies, high costs, traffic safety, infrastructure shortcomings, and societal acceptance are some of the factors that prevent the widespread adoption of these vehicles. Level 4 autonomous vehicles have begun to be utilized in certain countries, and Level 5 vehicles are expected to become widespread by the 2040s. The paper provides suggestions on how to overcome these challenges [2].

Wang P., in the article 'Research on Comparison of LiDAR and Camera in Autonomous Driving,' compares camera and LiDAR technologies for environmental perception in autonomous driving. LiDAR offers high accuracy and 3D perception while cameras offer high resolution and low cost. According to the paper, the combination of both technologies improves the environmental perception capabilities of autonomous vehicles, which improves safety and accuracy. Thus, multi-sensor fusion is expected to have a significant impact on future autonomous driving technologies [3].

Veysi P.'s study titled 'Implementation of Kalman Filtering and Multi-Sensor Fusion Data for Autonomous Driving' comprehensively addresses the application of Kalman filtering and multi-sensor fusion techniques for autonomous driving. By integrating data from various sensors, the Kalman Filter (KF) allows for predictions that are more accurate and reliable. The paper presents a detailed discussion starting from basic probability theory and system theory, progressing to advanced topics such as the Linear Kalman Filter, Extended Kalman Filter (EKF), and Unscented Kalman Filter (UKF). The study's results demonstrate that these filters provide accurate system state estimates and significantly improve the performance of autonomous vehicles. The integration of data from various sensors in an application example in C++ results in the most optimal system state estimates [4].

Wael F., in the paper 'Road-objects Tracking for Autonomous Driving Using LiDAR and Radar Fusion,' introduces a real-time road object detection and tracking (LR ODT) method based on LiDAR and radar data fusion for autonomous driving. The radar and lidar devices mounted on the Ego vehicle use a customized Unscented Kalman Filter (UKF) to merge their data. Lidars accurately determine objects' positions, but radars provide more precise speed measurements. The GB-DBSCAN algorithm is used to detect objects, and the RANSAC algorithm determines their speeds and geometric shapes. UKF fusion outperforms the Extended Kalman Filter (EKF) according to the results. The study shows that the combination of LiDAR and radar data allows for more precise tracking of road objects like bicycles, cars, and pedestrians [5].

Kumar, G. A. and colleagues, in the article "LiDAR and Camera Fusion Approach for Object Distance Estimation in Self-Driving Vehicles," comprehensively address the fusion of sensor data and the application of Kalman Filtering techniques for autonomous driving. The Kalman Filter (KF) is widely used as a dominant method for data fusion in unmanned vehicles such as autonomous cars. The study aims to provide readers with an understanding of the fundamental principles of KF and help them comprehend more complex methods. After introducing basic probability and system theory, we take a detailed look at the Linear Kalman Filter, Extended Kalman Filter (EKF), and Unscented Kalman Filter (UKF). Sensor error modeling and fault detection are among the advanced topics covered. The results of the study reveal that the Linear Kalman Filter is suitable for linear prediction problems, while EKF and UKF are applicable to non-linear prediction problems. In all test scenarios, UKF showed superior performance compared to EKF UKF's integration of multiple sensor measurements resulted in a significant improvement in performance, which marked a significant advancement for autonomous driving applications. In the paper, the practical implementation of these filters is demonstrated through real-time simulation using the C++ programming language [6].

### III. METHODOLOGY

#### A. Kalman Filter Theory

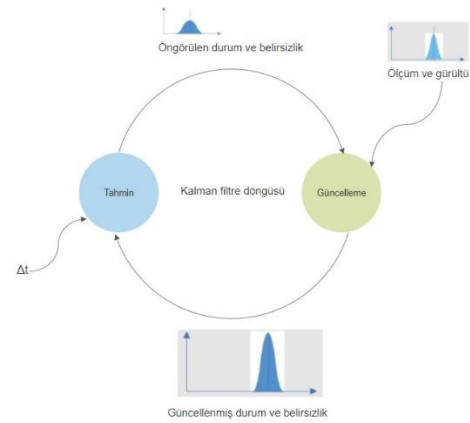


Figure 1 Kalman Filter Loop

KF is an algorithm that can be used to estimate the states of linear dynamical systems. The estimation of the most probable state takes into account measurement noise and uncertainties in the system dynamics when developed by Rudolf E. Kalman in 1960. The basic steps of KF are as follows:

**Initialization of State and Covariance Matrices:** The initial state and uncertainty covariance matrix are determined.

**Prediction Step:** The next state is predicted using the current state of the system and control inputs.

**Update Step:** New measurements are taken and the predicted state is updated.

$$\text{Next Probability} = \frac{\text{Probability} \times \text{Previous Probability}}{\text{Normalization}}$$



Figure 2 Measurement Data from the Sensor

#### B. Multi-Sensor Fusion in Autonomous Vehicles

In order to function safely and efficiently, autonomous vehicles must be able to sense their surroundings accurately and determine their location accurately. To complete this process, data from various sensors must be combined, and CF plays a crucial role in the integration of this data. Here are the main steps of this process:

1. **Creating Sensor Models:** The prediction step of the KF involves the creation of models for various sensors, such as LIDAR, radar, camera, and GPS.

2. **Data Fusion:** Combined data from various sensors is done by weighted averaging or similar methods.



3. Update and Prediction: The KF is updated with the combined data and the subsequent prediction is generated.

The use of autonomous vehicles necessitates a combination of sensors, including radar/ultrasonic, camera (including RGB-D, infrared camera), LiDAR, and GPS/IMU for sensing purposes. Different environments may have different detection capabilities and reliability of different sensors. By improving target detection and recognition accuracy, multisensor fusion can improve autonomous vehicle sensing capabilities to ensure driver safety.

During the process of fusion sensing, MMW-Radar, LiDAR, camera, ultrasonic, GPS/IMU, and V2X sensors play a crucial role in its application. The characteristics, advantages, and disadvantages of these sensors will be discussed in this section.

### 1) Millimeter-Wave Radar

When electromagnetic waves are sent out, the radar collects the scattered waves of targets by the receiving antenna, and then conducts a series of signal processing to obtain information about the targets. The frequency bands of MMW-Radars currently include 24GHz, 60GHz, and 77GHz, with 77GHz being the most frequently used one. In the future, the 24 GHz band will be eliminated. Vehicle radar will become the main frequency band in the future due to the higher range, speed, and angle resolution of radar in the 79GHz band. MMW-Radar is different from cameras and LiDAR in its wavelength, anti-blocking and anti-pollutant capabilities, and ability to handle rain, snow, fog, and dark environments. By using the Doppler shift effect, the radar can measure both the exact distance of multiple targets and relative speed. Vehicle-mounted radars are generally classified into frequency modulated continuous wave (FMCW) radars and pulse radars based on the waveforms they use. A high-powered signal is transmitted in a transient continuous loop due to pulse radar's requirement for strict isolation of the transmitted signal while receiving the echo signal, leading to high hardware requirements and a complex structure. The transmission waveform of most vehicle-mounted MMW radars uses FMCW as the result of this reason. The acquisition of target distance and relative velocity is made possible by FMCW radars, along with the control of velocity and distance resolution.  $R_{res}$  represents the distance resolution and  $V_{res}$  represents the velocity resolution.

$$R_{res} = \frac{c}{2B} \quad (2) \quad \theta_{res} = \frac{\lambda}{Nd\cos(\theta)} \quad (3) \quad V_{res} = \frac{\lambda}{2Tf} \quad (4)$$

Where  $C$  is the speed of light,  $B$  is the bandwidth of the chip,  $\lambda$  is the wavelength and  $T_f$  is the pulse duration. The target angle can be detected by multiple receiving antennas, and the angular resolution is influenced by the actual angle between the target and the radiation direction. The angular resolution is  $\theta_{res}$ :

where  $N$  is the number of antennas,  $d$  is the spacing between two neighboring antennas, and  $\theta$  is the true target azimuth. The resolution of parameters decreases when the maximum effective operating distance is longer because of the limitations of radar hardware conditions, such as transmit power and sampling rate. For the actual application process,

the autonomous driving vehicle has radars that can detect close-range, medium-range, and long-range targets to monitor the relevant areas. The extraction of range, angle, and speed information for pedestrians or vehicles is commonly done using radar data in studies. The micro-Doppler effect is an alternative method for recognizing targets that are both solid and non-solid. In Reference [7], the FMCW radar system is designed to provide desired recognition for both adults and children within 100 to 150 meters. In reference [8], representative target features are extracted from the radar signal taken as the classification criterion of support vector machines (SVMs) and applied to the classification of pedestrians, vehicles and bicycles with an accuracy of up to 90%. Real-time target point cloud mapping is possible with TI's latest IWR6843ODS radar module, which further enhances the information content of the acquired data.

The indistinctness of MMW-Radar for relatively stationary fixed targets is a drawback. False alarms caused by metal objects such as road signs or guardrails are often a problem for autonomous driving vehicles, in addition to noise disturbance. To achieve a constant false alarm probability, the general processing method employs Constant False Alarm Rate (CFAR) Detection to continuously adjust the decision threshold according to the variations in noise.[9] Moreover, generative adversarial networks (GAN) [10-13] can be utilized to convert radar data into images, but the resolution of the images remains unsatisfactory. Moreover, with the increasing number of vehicles equipped with FMCW radar, the phenomenon of shared frequency interference will become a problem, and reference [14] proposed a new radar ranging system with suitable range resolution without bandwidth limitation. The resolution of this radar is significantly improved compared to the same type of radar, which will be beneficial in the generation of high-resolution maps with radar.

### 2) Camera

One of the oldest sensors for autonomous driving systems is the camera, which is currently chosen as the primary sensor by both manufacturers and researchers. Target recognition, environment mapping, lane detection, and target tracking are the main tasks that the camera is used for. Deep learning has been able to achieve outstanding performance in target recognition and tracking tasks in recent years, resulting in the acquisition of powerful expressive capabilities from big data and the substitution of traditional manual feature design methods with machine learning methods. Following the accurate completion of target recognition and tracking by the autonomous driving system, other decision-making tasks will be executed. The current market for cameras is split between Charge Coupled Device (CCD) and Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS). High image quality in low light conditions can be achieved with CCD due to its complex manufacturing process, higher quantization efficiency, low noise, high dynamic range, and high image quality CMOS reduces cost by sacrificing some performance compared to CCD sensors. The corrosiveness of the difference will increase, and CCD will be replaced by CMOS [15].

The images captured by the camera convert 3D information into 2D, so in order to obtain the position of the targets from the image, it is necessary to establish the relationship between the pixel and the physical world, called camera calibration. Reference [16] reviewed camera calibration methodologies and divided them into optimization methods, transformation matrix method, distribution calibration method, Zhang Zhengyou calibration method and traditional calibration method. In the actual calibration process, reference [17] proposed a flexible camera calibration method that only requires taking pictures of a chessboard from different angles and then constructing a radial lens distortion model. A closed-form solution is utilized in the method, which is then solved nonlinearly using the maximum likelihood criterion. In references [18]-[22], there are some camera calibration methods that rely on depth information instead of multisensor fusion. The expansion of computer vision applications necessitates the proposal of new, innovative algorithms with a lower complexity and greater flexibility. Depth-informed image data is acquired through the use of binocular cameras or depth cameras in some studies. However, there is still a big difference in range resolution with radar or LiDAR [23], [24].

The evaluation of state-of-the-art target detection algorithms was conducted through the use of distorted images generated based on Pascal, Coco, and Cityscapes datasets in Reference [25]. Figure 3 below displays a decrease in detection accuracy of at least 31.1% and up to 60.4% in some cases. In severe weather conditions, it would be reasonable to conclude that a single camera sensor would not be very reliable.

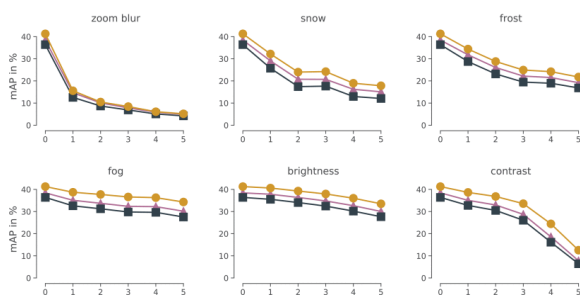


Figure 3 Graphical Representation of the Camera Sensor in Severe Weather Conditions

Autonomous driving vehicle cameras are not reliable enough for sudden changes in light, such as exiting a tunnel. The camera's exposure can be dynamically adjusted by adding some previous information when combined with GPS, HPM, or V2X. When compared to radar, the camera is superior due to its ability to capture accurate contour, texture, and color distribution information, which enables classification for the recognition of different targets in non-extreme ambient conditions. The ability to deal with all-weather environments and extreme situations is a prerequisite for autonomous driving vehicles. To achieve the best European NCAP safety level [26, 27], it is necessary for systems to implement multi-source and heterogeneous information fusion, which only allows for 100% recognition accuracy.

In order to avoid false detection of certain sensors, data fusion of multiple sensors is utilized to generate false motion planning. Camera perception of the environment currently yields the most abundant information. However, it should be taken into account that the image may become unreliable in some situations, such as sudden change of light when entering and exiting the tunnel, or at night when the environment is hardly perceptible and highly vulnerable to weather conditions.

### 3) Lidar

The interval between emitted laser pulses and scattering reflected by targets is calculated for LiDAR to obtain distance. 2-D LiDAR and 3-D LiDAR differ in their scanning structure. The structure of 2-D LiDAR consists of only one layer, while 3-D LiDAR has multiple layers. 3-D LiDAR is gaining popularity in autonomous driving vehicles, but its cost is higher. Production costs will gradually decrease as LiDAR is increasingly used and produced, which will be acceptable to most car manufacturers. LiDAR offers a practical and precise 3D sensing capability that is available day and night. ToF, Triangulation LiDAR, and phase-ranging LiDAR can be divided into three types based on the presence or absence of motion units [28]. During recent research, LiDAR has been able to recognize and detect several motion patterns and spatial states of pedestrians [29]. The receiver gathers the target scattered light as a point cloud image emitting a laser beam continuously through a transmitter, which assists in the detection and recognition of pedestrians and vehicles.

In reference [30], a 16-line LiDAR is applied to detect the position, speed and direction of pedestrians and vehicles in the streetscape. They also used the density-based spatial clustering of noisy applications (DBSCAN) method to cluster the LiDAR data. Different sub-regions were assigned to the Field of View based on the target distance. Furthermore, the classification and identification of targets at 30 meters was conducted using a back-propagation (BP) neural network with 95% accuracy. By using 64-line or 128-line LiDAR, the point cloud density will be raised, which will enhance the performance of background filtering, clustering, and classification, which will, in turn, enhance tracking accuracy and detection range to a certain extent. In reference [31], a Velodyne 64-line 3-D LiDAR was employed to locate and monitor people by employing the support vector machine (SVM) technique. The early warning mechanisms will be influenced by the comparison of pedestrian position and speed direction. The statistical shape of 3-D LiDAR data can be used to code pedestrian identification in reference [32]. Finally, target recognition is achieved through the use of SVM and KNN algorithms. The effects of precipitation on LiDAR were examined by Reference [33] and the results are displayed in Figure 4. Rainfall causes a rapid decrease in performance, especially in terms of maximum detectable distance, number of points, obstacle detection range, and other performance metrics in these pictures. Leader also has the advantage of exclusivity in ranging. The dead reckoning algorithm was used to initialize the graph by Reference [34], who divided the road into nodes and estimated the position of other vehicles on the road. The error of their method is less than 15 cm in estimating the lateral, longitudinal and horizontal position of

the vehicle in front, which is superior to traditional GPS methods. Reference [35] proposed a path planning method combining LiDAR and WiFi. They used WiFi to determine the position of the automated platform in the resulting environment map and then avoided obstacles detected by LiDAR, enabling local navigation in low light conditions.

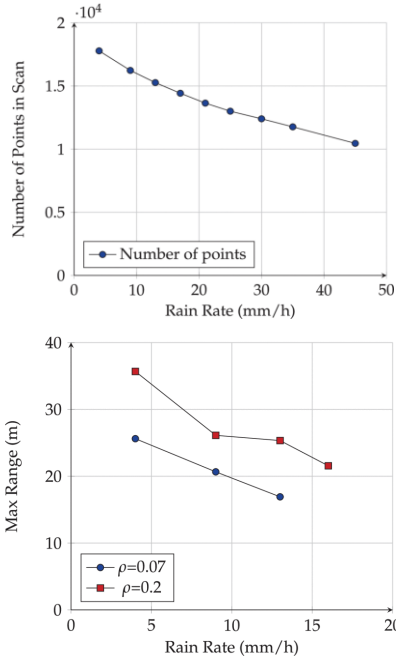


Figure 4. Distance Effect of Precipitation on Lidar Sensor, Number of Scanning Points and Obstacle Detection

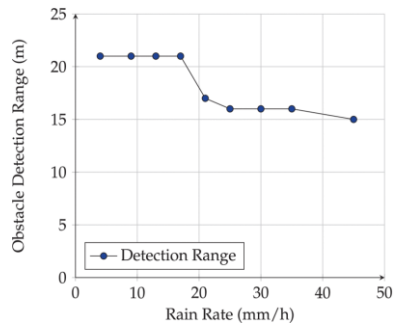


Figure 5. Distance Effect of Precipitation on Lidar Sensor, Number of Scanning Points and Obstacle Detection (*continued*)

Although LiDAR is superior to MMW-Radar in terms of measurement accuracy and 3D sensing capability, its performance is still inadequate in heavy weather conditions such as fog, snow and rain. Convergence of cameras, MMW-Radar and LiDAR data will eliminate some of the information redundancy and provide a reliable and efficient detection capability, but the system is very expensive.

#### 4) Performance Characteristics of Sensors

The performance characteristics of sensors used in autonomous vehicles vary in certain situations. Table 1 shows the performance of various sensors (camera, radar, LiDAR) and their combinations.

Table 1 Comparison of Performance Characteristics of Sensor Types

Feature	Camera	Radar	Lidar	Lidar+Radar+ Camera
Object detection	Middle	Good	Good	Good
Object classification	Good	Bad	Middle	Good
Distance estimation	Middle	Good	Good	Good
Object edge sensitivity	Good	Middle	Good	Good
Lane tracking	Good	Bad	Bad	Good
Viewing distance	Middle	Good	Middle	Good
Functionality in bad weather conditions	Bad	Good	Middle	Good
Functionality in poor light	Middle	Good	Good	Good

#### 5) Advantages of Multi-Sensor Fusion

The individual limitations of the sensors mentioned earlier are overcome through the use of multi-sensor fusion. By combining the strengths of LiDAR, radar, and cameras, it is possible to achieve more reliable and accurate data. For instance, the vehicle can get more precise object detection by combining the distance and speed information from radar and LiDAR with the classification capabilities of the camera.

The vehicle can perform lane following more accurately with the help of the camera's lane detection capabilities and environmental information from radar and LiDAR.

The radar's excellent performance in bad weather and poor light offsets the camera and LiDAR's lacklustre performance in these conditions.

#### C. Simultaneous Processing of Multi-Sensor Fusion

##### Concurrent Processing

Processing data from multiple sensors simultaneously is necessary for multi-sensor fusion. Synchronizing and fusing sensor data, and using the results in real-time are part of this process. This process is centered around the Kalman filter and it encompasses the following steps:

**Data Synchronization** is the process of synchronizing data from various sensors based on their timestamps. The data are processed as if they were received simultaneously by doing this.

**Measurement Update:** The Kalman filter is able to receive data from each sensor as input. The weight of each sensor is taken into account when fused in a weighted manner.

The fusion results in the estimation of the system's state and transmission of this information to the vehicle's control systems.

## D. Environmental Perception

Autonomous vehicles use LIDAR, radar and cameras to detect objects and obstacles in their environment. The Kalman filter combines data from these sensors to provide a more accurate and reliable perception of the environment. For example, by combining speed data from radar with distance data from LiDAR, the movements of vehicles and pedestrians can be tracked more accurately.

### 1) Location Identification

The location of autonomous vehicles is frequently determined by GPS. GPS signals may be inaccurate or interfere with other signals from time to time. Combining GPS data and data from the in-vehicle Inertial Measurement Unit results in a more precise localization using the Kalman filter. Urban driving is particularly important due to the blocking of GPS signals by buildings.

### 2) Road Planning and Control

The safe movement of autonomous vehicles cannot happen without path planning and control systems. The Kalman filter generates the optimal path plan based on the information provided by the dynamic model to predict the vehicle's future state. The vehicle's quick adaptation to dynamic and changing environmental conditions is made possible by the continuous updating of data from sensors.

## IV. APPLICATION AND EXPERIMENTAL STUDIES

### Multi-Sensor Fusion and Analysis

In the multi-source and heterogeneous information fusion system, the detection of the environment is achieved through the application of three main sensor combination forms, which are radar-camera, camera-lidar, and radar-camera-lidar. Moreover, by using the Radar-LiDAR (RL) combination that was mentioned in reference [36], as well as the MMW-Radar and infrared camera in reference [37], thermal imaging results can be obtained more effectively and potential organisms may be detected. The findings indicate that RC is the most frequently employed sensor combination because it can achieve exceptional resolution while obtaining distance information from surrounding objects. A combination of LiDAR and a camera can be used to obtain depth image information. To enhance security redundancy, some studies incorporate LiDAR and MMW-radar with cameras. Radar and cameras are both technologies that are complete and economical. Although LiDAR's performance is improving, the high-performance product's price remains high. While the camera can obtain the target's contour, texture, and color distribution, it also has its disadvantages. The use of binoculars and depth cameras makes it possible to have depth information in image data, but there is still room for improvement when it comes to high accuracy. MMW-Radar's wavelengths are longer than cameras and LiDAR, making it more effective in penetrating rain, snow, and fog compared to these other technologies. Another problem is that radar is more sensitive to clutter interference. Lidar is capable of operating continuously throughout the day and night,

delivering high-resolution and long-distance 3D data, except for severe weather conditions. Multi-source and heterogeneous information fusion technology is the specific solution for meeting different working conditions. Figure 5 gives another statistic of the features, advantages, disadvantages and feasible scenarios for each sensor. This shows the benefits of multi-source and heterogeneous information fusion in environment detection and target recognition. It can be seen that multi-source and heterogeneous information fusion technology has achieved relatively extensive advantages.

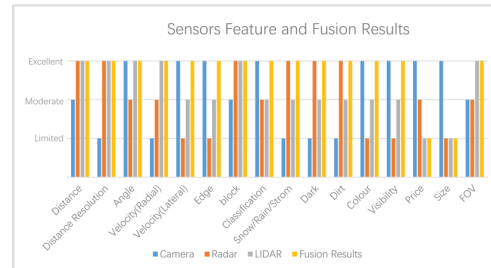


Figure 5. Sensor Advantages and Disadvantages Chart

The system is more complex and faces challenges in effectively integrating multi-source heterogeneous data and heavy computation. To enhance recognition accuracy, the network structure becomes more complex and the amount of data increases in multi-source and heterogeneous information fusion, which is a problem. The network structure parameters are significantly reduced and network learning speed is increased with Mobilenet V2, as proposed by Reference [38]. According to reference [39], reinforcement learning resulted in a 20% increase in the autonomous vehicle's data learning speed. Despite the existence of multiple heterogeneous computing architectures for multi-sensor data processing, reference [40] notes that edge computing is still essential to boost computing power when resources are limited.

Sharing location information in real-time is made possible through in-vehicle communication. With the application of 5G or other high-frequency communication technologies, the data transmission rate of the Internet of Vehicles will increase significantly. Although there are many studies on the fusion of multi-sensor data such as Radar, Camera and LiDAR, it is necessary to combine sensing technology and vehicle communication technology to achieve sufficient safety redundancy.

## V. CONCLUSION

To enhance the safety and efficiency of autonomous vehicles, multi-sensor fusion with KF is a crucial technology. The Kalman filter's theoretical foundations and its applications in autonomous vehicles are explored in great depth in this paper. To offer more reliable and accurate environmental perception, multisensor fusion blends the strengths of different sensors, such as LiDAR, radar, and cameras. By combining the data from these sensors, autonomous vehicles can operate more safely and efficiently due to enhanced environmental sensing capabilities.



The development of more adaptive and flexible fusion algorithms will be possible in the future through the integration of machine learning and artificial intelligence techniques. Additional research is required on the security and privacy of sensor data. The Kalman filter provides an effective method for multi-sensor fusion in autonomous vehicles, and the development of this technology will make autonomous vehicles safer and more efficient. This paper constitutes a significant step towards the future of autonomous vehicle technologies and provides a solid foundation for future research in this field.

## REFERENCES

- [1] Sezgin, F., Vriesman, D., Steinhauser, D., Lugner, R., & Brandmeier, T. (2023, June). Safe autonomous driving in adverse weather: Sensor evaluation and performance monitoring. In *2023 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Taştan, Y., & Kaymaz, H. (2021). Otonom Araçların Önündeki Zorluklar. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(2), 195-209.
- [3] Wang, P. (2021, November). Research on comparison of lidar and camera in autonomous driving. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2093, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- [4] Veysi, P., Adeli, M., & Peirov Naziri, N. Implementation of Kalman Filtering and Multi-Sensor Fusion Data for Autonomous Driving.
- [5] Farag, W. (2020). Road-objects tracking for autonomous driving using lidar and radar fusion. *Journal of Electrical Engineering*, 71(3), 138-149.
- [6] Kumar, G. A., Lee, J. H., Hwang, J., Park, J., Youn, S. H., & Kwon, S. (2020). LiDAR and camera fusion approach for object distance estimation in self-driving vehicles. *Symmetry*, 12(2), 324.
- [7] S. Lee, Y.-J. Yoon, J.-E. Lee and S.-C. Kim, "Human-vehicle classification using feature-based SVM in 77-GHz automotive FMCW radar", *IET Radar Sonar Navigat.*, vol. 11, no. 10, pp. 1589-1596, Oct. 2017.
- [8] M. Chen, S. Yang, X. Yi and D. Wu, "Real-time 3D mapping using a 2D laser scanner and IMU-aided visual SLAM", *Proc. IEEE Int. Conf. Real-Time Comput. Robot. (RCAR)*, pp. 297-302, Jul. 2017.
- [9] J. Liu, S. Zhou, W. Liu, J. Zheng, H. Liu and J. Li, "Tunable adaptive detection in Colocated MIMO radar", *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 66, no. 4, pp. 1080-1092, Feb. 2018.
- [10] P. Ghamisi and N. Yokoya, "IMG2DSM: Height simulation from single imagery using conditional generative adversarial net", *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 15, no. 5, pp. 794-798, May 2018.
- [11] F. Gao, Y. Yang, J. Wang, J. Sun, E. Yang and H. Zhou, "A deep convolutional generative adversarial networks (DCGANs)-based semi-supervised method for object recognition in synthetic aperture radar (SAR) images", *Remote Sens.*, vol. 10, no. 6, pp. 846, May 2018.
- [12] X. Shi, F. Zhou, S. Yang, Z. Zhang and T. Su, "Automatic target recognition for synthetic aperture radar images based on super-resolution generative adversarial network and deep convolutional neural network", *Remote Sens.*, vol. 11, no. 2, pp. 135, Jan. 2019.
- [13] G. Wang, M. Zhang, Y. Huang, L. Zhang and F. Wang, "Robust two-dimensional spatial-variant map-drift algorithm for UAV SAR autofocusing", *Remote Sens.*, vol. 11, no. 3, pp. 340, Feb. 2019.
- [14] R. Komissarov, V. Kozlov, D. Filonov and P. Ginzburg, "Partially coherent radar unties range resolution from bandwidth limitations", *Nature Commun.*, vol. 10, no. 1, Dec. 2019.
- [15] F. Rosique, P. J. Navarro, C. Fernández and A. Padilla, "A systematic review of perception system and simulators for autonomous vehicles research", *Sensors*, vol. 19, no. 3, pp. 648, Feb. 2019.
- [16] J. Sun, P. Wang, Z. Qin and H. Qiao, "Overview of camera calibration for computer vision", *Proc. 11th World Congr. Intell. Control Autom.*, pp. 86-92, Jun. 2014.
- [17] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334, Nov. 2000.
- [18] S. Sim, J. Sock and K. Kwak, "Indirect correspondence-based robust extrinsic calibration of LiDAR and camera", *Sensors*, vol. 16, no. 6, pp. 933, Jun. 2016.
- [19] Y. Zhou, L. Zhang, C. Xing, P. Xie and Y. Cao, "Target three-dimensional reconstruction from the multi-view radar image sequence", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 36722-36735, 2019.
- [20] V. De Silva, J. Roche and A. Kondoz, "Robust fusion of LiDAR and wide-angle camera data for autonomous mobile robots", *Sensors*, vol. 18, no. 8, pp. 2730, Aug. 2018.
- [21] Z. Pusztai, I. Eichhardt and L. Hajder, "Accurate calibration of multi-LiDAR-multi-camera systems", *Sensors*, vol. 18, no. 7, pp. 2139, Jul. 2018.
- [22] P. Wei, L. Cagle, T. Reza, J. Ball and J. Gafford, "LiDAR and camera detection fusion in a real-time industrial multi-sensor collision avoidance system", *Electronics*, vol. 7, no. 6, pp. 84, May 2018.
- [23] J. Steinbaeck, C. Steger, G. Holweg and N. Druml, "Design of a low-level radar and time-of-flight sensor fusion framework", *Proc. 21st Euromicro Conf. Digit. Syst. Design (DSD)*, pp. 268-275, Aug. 2018.
- [24] Z. Han, J. Liang and J. Li, "Design of intelligent road recognition and warning system for vehicles based on binocular vision", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 62880-62889, 2018.
- [25] C. Michaelis, B. Mitzkus, R. Geirhos, E. Rusak, O. Bringmann, A. S. Ecker, et al., "Benchmarking robustness in object detection: Autonomous driving when winter is coming", *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 1-23, Jul. 2019.
- [26] Z. Zhong, S. Liu, M. Mathew and A. Dubey, "Camera radar fusion for increased reliability in ADAS applications", *Electron. Imag.*, vol. 2018, no. 17, pp. 258-1-258-4, Jan. 2018.
- [27] C. Berger, "Large-scale evaluation of an active safety algorithm with EuroNCAP and us NCAP scenarios in a virtual test environment—an industrial case study", *Proc. IEEE 18th Int. Conf. Intell. Transp. Syst. (ITSC)*, pp. 2280-2286, Sep. 2015.
- [28] S. Wang, X. Dai, N. Xu and P. Zhang, "A review of environmental sensing technology for autonomous vehicle", *J. Changchun Univ. Sci. Technol. (Natural Sci. Ed.)*, vol. 40, pp. 1672-9870, Feb. 2017.
- [29] J. Duan, K. Zheng and J. Zhou, "multilayer Lidar's environmental sensing in autonomous vehicle", *J. Beijing Univ. Technol.*, vol. 40, pp. 1891-1898, Dec. 2014.
- [30] J. Zhao, H. Xu, H. Liu, J. Wu, Y. Zheng and D. Wu, "Detection and tracking of pedestrians and vehicles using roadside LiDAR sensors", *Transp. Res. C Emerg. Technol.*, vol. 100, pp. 68-87, Mar. 2019.
- [31] H. Wang, B. Wang, B. Liu, X. Meng and G. Yang, "Pedestrian recognition and tracking using 3D LiDAR for autonomous vehicle", *Robot. Auto. Syst.*, vol. 88, pp. 71-78, Feb. 2017.
- [32] M. A. Savelonas, I. Pratikakis, T. Theoharis, G. Thanellas, F. Abad and R. Bendahan, "Spatially sensitive statistical shape analysis for pedestrian recognition from LIDAR data", *Comput. Vis. Image Understand.*, vol. 171, pp. 1-9, Jun. 2018.

- [33] C. Goodin, D. Carruth, M. Doude and C. Hudson, "Predicting the influence of rain on LIDAR in ADAS", *Electronics*, vol. 8, no. 1, pp. 89, Jan. 2019.
- [34] M. Aldibaja, R. Yanase, T. H. Kim, A. Kuramoto, K. Yoneda and N. Sukanuma, "Accurate elevation maps based graph-slam framework for autonomous driving", *Proc. IEEE Intell. Vehicles Symp. (IV)*, pp. 1254-1261, Jun. 2019.
- [35] N. Baras, G. Nantzios, D. Ziouzos and M. Dasygenis, "Autonomous obstacle avoidance vehicle using LIDAR and an embedded system", *Proc. 8th Int. Conf. Mod. Circuits Syst. Technol. (MOCASST)*, pp. 1-4, May 2019.
- [36] A. Asvadi, L. Garrote, C. Premebida, P. Peixoto and U. J. Nunes, "Multimodal vehicle detection: Fusing 3D-LIDAR and color camera data", *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 115, pp. 20-29, Nov. 2018.
- [37] K. Ma, H. Zhang, R. Wang and Z. Zhang, "Target tracking system for multi-sensor data fusion", *Proc. IEEE 2nd Inf. Technol. Netw. Electron. Autom. Control Conf. (ITNEC)*, pp. 1768-1772, Jan. 2018.
- [38] C.-M. Tsai, Y.-H. Lai, J.-W. Perng, I.-F. Tsui and Y.-J. Chung, "Design and application of an autonomous surface vehicle with an AI-based sensing capability", *Proc. IEEE Underwater Technol. (UT)*, pp. 1-4, Apr. 2019.
- [39] J.-J. Kim, S.-H. Cha, M. Ryu and M. Jo, "Pre-training framework for improving learning speed of reinforcement learning based autonomous vehicles", *Proc. Int. Conf. Electron. Inf. Commun. (ICEIC)*, pp. 1-2, Jan. 2019.
- [40] S. Liu, L. Liu, J. Tang, B. Yu, Y. Wang and W. Shi, "Edge computing for autonomous driving: Opportunities and challenges", *Proc. IEEE*, vol. 107, no. 8, pp. 1697-1716, Aug. 2019.

# ORGAN TAŞIMA ÇANTASI SICAKLIK VE KONUM TAKIP SİSTEMİ

Sude Naz DEMİRTAŞ<sup>1,\*</sup>, Mehmet KARA<sup>2</sup>, İclal ÇENGEL<sup>3</sup>, Selime Selin CAN<sup>4</sup>, Zeynep İrem AKYALÇIN<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Engineering (Student), and Techniques, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Turkey

<sup>2</sup> Department of Software Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Kocaeli Health and Technology University, 41275, Turkey, **ORCID:** 0000-0001-7312-0503

<sup>3</sup> Department of Computer Engineering (Student), and Techniques, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Turkey

<sup>4</sup> Department of Computer Engineering (Student), and Techniques, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Turkey

<sup>5</sup> Department of Computer Engineering (Student), and Techniques, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Turkey

## Article Info

## Abstract

### Oral Presentation

### Keywords

Photovoltaic drying systems  
Fan-assisted solar drying  
Energy efficiency in agriculture  
Solar-powered agricultural technologies

Organ naklinin hızlı, güvenilir ve koordinasyon içinde taşınması büyük önem arz etmektedir. Organ taşınmasında sıcaklık, zaman ve koordinasyon anlık izlenmesi gereken kritik parametrelerdir. Sensörlerden veri toplayan Arduino tabanlı gömülü sistem ve geliştirilen mobil uygulama sayesinde organ nakli, organ çantası içerisinde taşınan organa ait sıcaklık konum ve ortam nem bilgileri, organ taşıma esnasında anlık olarak izlenebilmektedir. Organa ait kritik parametreler Wi-Fi ve GSM üzerinden taşınabildiği için Wi-Fi sinyallerinin bulunduğu ortamlarda ve cep telefonun ve internet üzerinden organın sıcaklık, ortam nemi ve konum bilgisi ölçülerek hem taşıyan hem de organı bekleyen ekip tarafından anlık olarak izleyebileceği bir sistem gerçekleştirilmiştir.

\*Corresponding Author E-mail : 210501012@kocaelisaglik.edu.tr

## I. GİRİŞ

Organ nakli, modern tıbbın en karmaşık ve hassas süreçlerinden biridir. Organların canlılığını koruyabilmesi, nakil sürecinde en kritik unsurlardan biri olan taşıma sürecine bağlıdır. Taşınan organların uygun sıcaklık aralığında tutulması ve zamanında teslim edilmesi hayati önem taşır. Bu süreçte yaşanacak en küçük bir aksaklık, organın kullanılmaz hale gelmesine veya nakil sonrasında ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Bu bağlamda, organların nakli sırasında çevresel şartların anlık olarak izlenmesi ve gerektiğinde müdahale edilmesi gereklidir [5].

Geleneksel organ taşıma süreçlerinde, genellikle manuel yöntemlerle ve sınırlı teknoloji kullanılarak çevresel koşulların takibi sağlanmaktadır. Ancak, bu yöntemler, taşıma sırasında oluşabilecek ani değişikliklere hızlı yanıt vermek için yeterli değildir. Bu durum, organ nakli başarı oranını olumsuz etkileyebilir [6].

Bu çalışmada, organ taşıma sürecinde sıcaklık, ortam nemi ve konum bilgilerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlayacak, IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı bir sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sistem, organ taşıma sürecinin her aşamasında anlık veri sağlamakta ve olası sorunlara karşı önceden uyarılar göndererek taşıma güvenliğini artırmaktadır.

## II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Organ naklinin güvenli, hızlı ve koordineli bir şekilde gerçekleştirilmesi, organ taşımada sıcaklık, zaman ve konum gibi kritik parametrelerin anlık olarak izlenmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda, literatürde çeşitli IoT tabanlı izleme sistemleri geliştirilmiştir.

Altınnahtar, dünya genelinde ve Türkiye'de organ tedariki ve nakli süreçlerinde karşılaşılan ekonomik ve lojistik zorlukları ele almıştır. Çalışmada, organ nakli uygulamalarında yaşanan temel sorunlar arasında, tedarik zincirinin etkin yönetilememesi ve uygun çözümlerin eksikliği vurgulanmaktadır. Türkiye'de organ bağış oranlarının düşük olması, organ nakil süreçlerini olumsuz etkileyen faktörlerden biridir. Bu bağlamda, organ nakli süreçlerinin daha verimli ve sürdürülebilir hale getirilmesi için iktisadi perspektifler ve çözüm önerileri sunulmuştur [1].

Esfahani ve Moshayedi'nin çalışmalarında, Alzheimer hastalarının sağlık durumlarını izlemek için geliştirilen Arduino tabanlı bir takip sistemi tanımlanmıştır. Bu sistem, hastaların konumlarını ve sağlık verilerini gerçek zamanlı olarak izleyerek acil durumlarda hızlı müdahale edilmesine olanak tanımaktadır. Sistem, düşük maliyetli ve taşınabilir bir çözüm sunarak, özellikle uzun süreli bakım gerektiren hastalar için etkin bir izleme mekanizması sağlamaktadır [3].

Edirne'nin çalışmasında, Türkiye'de organ ve doku nakli uygulamaları kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve bu süreçlerin sonuçları değerlendirilmiştir. Türkiye'deki organ nakil oranlarının artırılması ve sistemin etkinliğinin geliştirilmesi için çeşitli strateji önerileri sunulmuştur. Çalışma, mevcut uygulamalardaki eksiklikleri vurgularken, organ nakli süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik somut adımların atılması gerektiğini belirtmektedir [5].

Toutian ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, bir sağlık izleme sisteminde sıcaklık ve kalp atış hızı gibi hayati parametrelerin, Gömülü sistem kullanılarak gerçek zamanlı olarak izlenmesi sağlanmıştır. Bu sistemde, veriler

sensörlerden toplanarak bulut üzerinden anlık olarak izlenebilir hale getirilmiştir [10].

Parlak'ın çalışmasında, organ bağışi ve organ nakli süreçlerinde ortaya çıkan çeşitli sorunlar detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Türkiye'de organ bağış oranlarının düşük olmasının nedenleri arasında, hukuki, etik ve toplumsal engeller önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca, halkın bilinç düzeyinin yetersizliği ve yasal süreçlerdeki karmaşıklıklar da bu sorunlara katkıda bulunmaktadır. Çalışmada, bu sorunların çözümüne yönelik öneriler sunulmuş ve organ nakli süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi için yapılması gerekenler tartışılmıştır [6].

Akhila ve arkadaşları IoT tabanlı hasta sağlık durumu izleme çalışmalarında, IoT tabanlı sistemin hasta izleme amacıyla nasıl kullanılabileceğini ele almışlardır. Bu çalışmada, sıcaklık, kalp atış hızı ve oksijen seviyeleri gibi hayati veriler, sensörler aracılığıyla toplanarak, bulut tabanlı bir platformda anlık olarak izlenmiştir [8].

Zermani ve arkadaşları ise çalışmalarında, organ taşımada sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerin izlenmesi üzerinde durmuşlardır. Bu çalışma, taşınan organın sıcaklık kontrolünün önemini vurgulamakta ve bu amaca yönelik sensörlerin nasıl entegre edilebileceğini irdelemiştir. [9].

Yüksel ve arkadaşları, RFID teknolojisine dayalı bir takip sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, organların nakil süreci boyunca sürekli olarak izlenmesine olanak tanımaktadır. Özellikle organların taşınması sırasında konumlarının ve çevresel koşullarının anlık olarak takip edilmesi, nakil sürecinin güvenliğini artırmaktadır. Çalışma, RFID tabanlı sistemlerin organ nakli operasyonlarında nasıl etkili biçimde kullanılabileceğini gösterilmiştir [11].

Das ve arkadaşları ise IoT tabanlı bir sağlık izleme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, organ nakli gibi kritik süreçlerde kullanılmak üzere tasarlanmış olup, sensör verileri aracılığıyla organların taşınma esnasındaki çevresel koşullarının izlenmesini sağlamaktadır [15].

Jebane ve arkadaşlarının çalışmasında, taşınan organların güvenliğini artırmak amacıyla çoklu sensör tabanlı bir izleme sistemi önerilmiştir. Bu sistemde sıcaklık, nem, basınç gibi çevresel faktörlerin yanı sıra, organın yer aldığı taşıma kutusunun konumu ve titreşim seviyeleri gibi veriler de izlenmiştir. Önerilen sistem, GPS modülleri, ivmeölçer sensörleri, sıcaklık ve nem sensörleri gibi çeşitli sensörler aracılığıyla gerçek zamanlı veri toplamakta ve bu verileri bir merkezi sisteme ileterek organ nakil sürecindeki riskleri minimize etmeyi amaçlamaktadır [2].

Demir ve arkadaşları, Türkiye'de kadavradan organ naklini etkileyen faktörler üzerinde durmuştur. Türkiye'de kadavra donör sayısının düşük olması, organ nakli uygulamalarında en önemli sorunlardan biridir. Bu durumun nedenleri arasında hukuksal, dini, etik ve psikososyal faktörler yer almaktadır. Etik kurallar çerçevesinde, organ nakli uygulamalarının alıcı ve verici

için en uygun koşullarda gerçekleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. [12].

Sujitha ve arkadaşları, tehlikeli ortamlarda çalışan madencilerin güvenliğini artırmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, IoT tabanlı bir izleme sistemi geliştirilmiş ve çeşitli sensörler kullanılarak çevresel parametrelerin izlenmesi sağlanmıştır. Tehlikeli durumların tespiti halinde, sistem anında uyarı mesajları göndermektedir [13].

Soylu ve arkadaşlarının çalışmasında, organ nakli sırasında gerçek zamanlı izleme ve GPS kullanımının, organların sıcaklık ve konum bilgilerinin sürekli izlenmesi yoluyla nakil sürecini yönetmede önemli bir araç olduğu vurgulanmaktadır. Bu teknolojiler, organın korunmasını sağlayarak nakil sonrası başarıyı artırmaktadır [14].

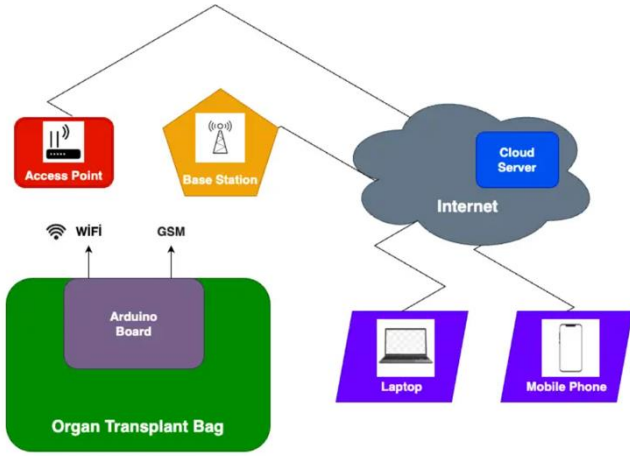
Bu çalışmalar da göz önüne alınarak organ taşımada sıcaklık, konum ve darbe durumlarının izlenmesini sağlayan Arduino tabanlı hem Wi-Fi üzerinden haberleşen hem de GSM üzerinden haberleşen bir sistem geliştirilmiştir. Ayrıca Arduino modülde toplanan verilerin bulut üzerinde okunmasını sağlayan bulut tabanlı bir mobil uygulama da geliştirilmiştir.

### III. SİSTEM AÇIKLAMASI

Geliştirilen sistem, organ taşıma sürecinde kritik olan sıcaklık ve konum parametrelerini sürekli olarak izlemek için tasarlanmıştır. Sistem, çeşitli sensörler ve Arduino tabanlı bir gömülü sistem kullanarak veri toplar ve bu verileri CloudDB platformu kullanılarak bulut üzerinden anlık olarak iletir [7]. Geliştirilen sistemle organa ait sıcaklık ve konum bilgisi taşınma sürecinde her an izlenebilmektedir. Belirlenen sınır değerlerinin aşılması durumunda ilgili ekiplere uyarı göndermektedir. Bu sayede, taşıma sürecinde yaşanabilecek olası sorunlar önceden tespit edilip önlem alınabilmektedir. Sistem genel mimarisi Şekil 1'de görülmektedir.

Bu sistemde Arduino modül öncelikle Wi-Fi üzerinden internete bağlanmakta Wi-Fi sinyali yoksa GSM üzerinden üzerinde internete bağlanmakta ve sensörlerden topladığı veriyi buluta göndermektedir. Mobil uygulama aracılığı ile veya internet bağlantısı ile de buluttan veriler çekilerek organın sıcaklık ve konum bilgisi öğrenilmektedir.





Şekil 1. Sistem genel mimarisi

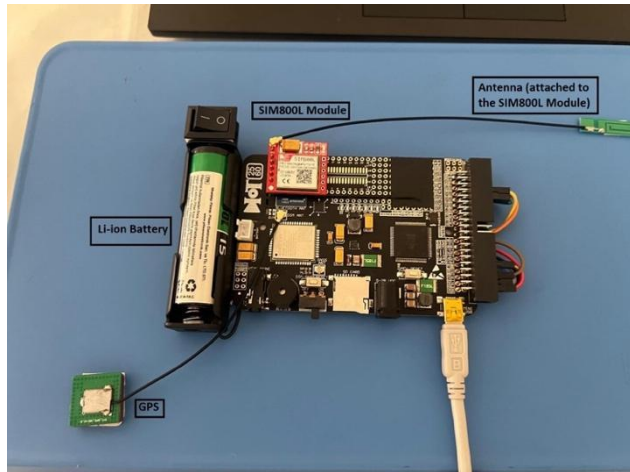
#### IV. DONANIM VE YAZILIM ALTYAPISI

Bu bölümde, organ taşıma çantası takip sistemi için kullanılan donanım ve yazılım altyapısı tanıtılmaktadır. Donanım bileşenleri, çeşitli sensörler ve modüller ile sağlanmış olup, yazılım kısmı ise bu bileşenlerden alınan verilerin toplanması, işlenmesi ve bulut sistemine aktarılmasını sağlamaktadır.

##### E. Donanım

Donanım altyapısı, sistemin temel işlevlerini yerine getirebilmesi için bir dizi sensör ve modülden oluşmaktadır. Bu bileşenler, organ nakli sırasında gerekli olan sıcaklık ve konum bilgilerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve iletilmesini sağlamaktadır.

Şekil 2'de geliştirme kartı, sensörler ve modüller görülmektedir. Şekil 3'te ise sensörlerin organ taşıma çantasına monte edilmiş hali görülmektedir.



Şekil 2. D-IoT 2560, sensörler ve modüller



Şekil 3. Sensörlerin çantaya monte edilmiş hali.

Sensörler organ taşıma çantasının kapak kısmına monte edilmiştir [4].

1. **D-IoT 2560 Kart:** D-IoT 2560, organ taşıma sürecinde kullanılan tüm sensör ve modülleri kontrol eden bir mikrodenetleyici karttır. Bu kart, geniş giriş/çıkış pinleri ve yüksek işlem kapasitesi ile çok sayıda bileşenin entegre edilmesine olanak tanır [7].
2. **Kullanılan Sensörler / Modüller:** Organ taşıma çantası takip sisteminde kullanılan temel sensörler ve modüller aşağıda yer almaktadır:

**DHT11 Sıcaklık Sensörü:** Bu sensör, çanta içindeki sıcaklığı sürekli olarak izler ve verileri D-IoT 2560'a iletir. Organın ideal sıcaklıkta taşınmasını sağlamak amacıyla sıcaklık verilerinde bir sapma olduğunda sistem anında uyarı verir.

**GPS Modülü:** Organın konum bilgisini sürekli izler ve bu bilgiyi bulut sistemine gönderir. Bu modül, nakil sürecinin planlanan güzergâh boyunca devam etmesini ve olası sapmaların erken tespit edilmesini sağlar.

**Haberleşme Modülleri (ESP8266 ve SIM800L GSM Modülü):** ESP8266 Wi-Fi modülü, Wi-Fi ağı üzerinden veri aktarımı yaparken, SIM800L GSM modülü mobil ağlar üzerinden veri aktarımı sağlar. Bu modüller, sistemin her türlü ortamda veri iletimini kesintisiz bir şekilde sürdürebilmesine olanak tanır.

Hali hazırdaki modül çarpma bilgilerini de sağlamaktadır. Bu çalışmada bu sensör kullanılmamıştır.

##### F. Yazılım ve Bulut Altyapısı

Bulut altyapısı, organ taşıma sürecinde elde edilen verilerin CloudDB platformunda güvenli bir şekilde saklanması ve yönetilmesini sağlar. CloudDB, yüksek güvenlik standartları ve ölçeklenebilir veri işleme kapasitesi ile uygulama kapsamında toplanan sıcaklık, konum ve diğer çevresel verilerin anlık olarak buluta aktarılmasına imkân tanır. Toplanan veriler, CloudDB üzerinde analiz edilerek gerektiğinde sağlık personeline veya ilgili yetkililere otomatik uyarılar gönderilebilir.

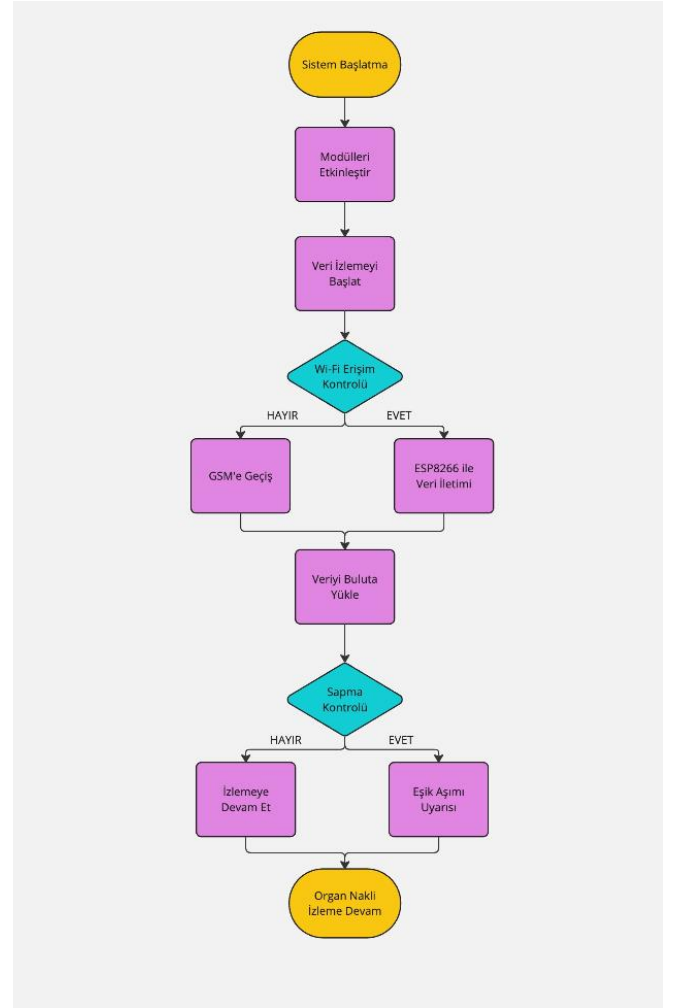
Sistem, belirlenen kritik eşik değerlerinin aşılması durumunda, sıcaklık veya konumda meydana gelen sapmalarla ilgili gerçek zamanlı bildirimler oluşturur. Bu bildirimler, ilgili kişilere hem SMS yoluyla hem de bulut tabanlı uyarılarla iletilir. CloudDB, bu süreçteki verilerin kesintisiz bir şekilde aktarılmasını sağlayarak, taşıma sürecinin her aşamasında durumun kontrol altında tutulmasına ve gerektiğinde müdahale edilmesine olanak tanır. Böylece organ taşıma sürecinde ortaya çıkabilecek riskler minimize edilerek nakil işleminin güvenli bir şekilde tamamlanması sağlanır.

Yazılım altyapısı, donanımdan gelen verilerin toplanması, işlenmesi ve güvenli bir şekilde bulut platformuna aktarılmasından sorumludur. Bu IoT tabanlı sistemin bir parçası olarak geliştirilen mobil uygulama, organ taşıma sürecinin anlık olarak izlenmesine olanak sağlar. Mobil uygulama, bulut platformuna bağlanarak sensörlerden gelen verilerin gerçek zamanlı görüntülenmesini mümkün kılar. Kullanıcılar, organın durumu, sıcaklık ve konum gibi kritik bilgileri uygulama üzerinden takip edebilir ve anormal bir durum tespit edildiğinde uygulama aracılığıyla uyarı alabilirler. Bu sayede, yetkililer, taşınan organın güvenliğini her an izleyerek gerektiğinde müdahale edebilirler.

## V. ALGORİTMA VE AKIŞ ŞEMASI

Sistem, organ taşıma sürecini güvenli ve kesintisiz bir şekilde gerçekleştirmek için tasarlanmış bir algoritma ile çalışır. Bu algoritma, taşıma süreci boyunca verilerin doğru bir şekilde izlenmesini sağlar. Algoritmanın genel işleyişi şekil 4'te verilmiştir ve sözde kodu aşağıdaki gibidir:

1. Sistem başlatılır ve haberleşme modülleri etkinleştirilir.
2. Sıcaklık ve konum verilerinin sürekli olarak izlenmesi başlatılır.
3. Wi-Fi erişimi kontrol edilir; erişim varsa ESP8266 modülü üzerinden veri iletimi yapılır, aksi halde GSM modülüne geçiş yapılır.
4. Belirli aralıklarla veri bulut sistemine yüklenir ve sıcaklık veya konumda bir sapma olup olmadığı kontrol edilir.
5. Kritik eşik değerlerinin aşılması durumunda ilgili ekiplere SMS ve bulut tabanlı uyarılar gönderilir.
6. Organ nakli varış noktasına ulaşana kadar izleme ve veri iletimi devam eder.



Şekil 4. Akış şeması

Organ nakil çantası, organların taşınması sırasında optimum koşulları sağlamak amacıyla tasarlanmış özel bir taşıma kabıdır. Bu çanta, sıcaklık, nem ve konum gibi kritik parametrelerin izlenmesini sağlayan gelişmiş sensörlerle donatılmıştır. IoT tabanlı sistemler sayesinde, bu parametreler gerçek zamanlı olarak izlenir ve organın güvenli bir şekilde nakledilmesi sağlanır. Çanta, aynı zamanda verileri GSM üzerinden nakil ekibine ve alıcı tıbbi ekibe sürekli olarak iletir. Bu özellikler, çevresel faktörlerin organ üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirerek organ nakillerinin başarı oranını artırır.

Organ taşımacılığı sırasında çantada kullanılan IoT tabanlı sistem, organların güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamak amacıyla gelişmiş sensörler ve haberleşme teknolojileriyle donatılmıştır. Bu sistem, organın taşındığı süre boyunca sıcaklık, nem ve konum gibi kritik parametreleri sürekli olarak izler ve bu verileri hem nakil ekibine hem de alıcı tıbbi ekibe anlık olarak iletir.

Organ taşıma süreçlerini izlemek ve güvenliğini sağlamak amacıyla bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama, organ taşıma çantasına entegre edilen sıcaklık, konum sensörlerinden gelen verileri gerçek zamanlı olarak izlemekte ve belirlenen sınır değerlerin dışına çıkılması durumunda kullanıcıya anlık uyarılar ile bilgi vermektedir.

Sıcaklık ve nem seviyelerinin kritik eşiklerin altına düşmesi halinde, uygulama aracılığıyla ilgili taraflara acil müdahale gereksinimi bildirilir. Bu sayede, organ taşıma sürecindeki olası riskler minimuma indirilmekte, taşımanın güvenli ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanır.

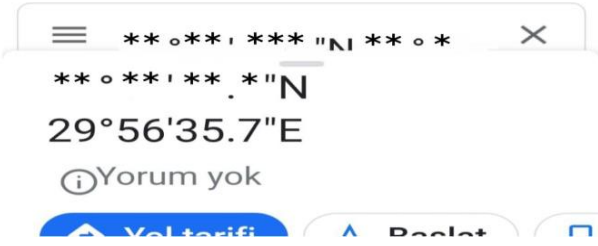
MOISTURE: 50.00  
TEMP: 29.90  
G FORCE: 0.97

CONNECTED

DISCONNECTED

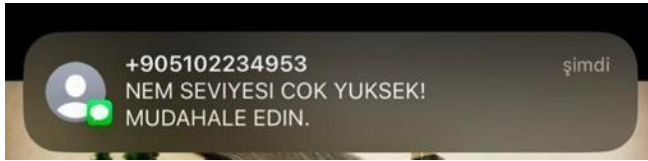
#### LOCATION INFO

Latitude: 40.70165  
Longitude: 29.94326  
Height: 121.5  
Address: , Cd. No:5:  
Provider: fused  
Accuracy: 14.731



Şekil 5. Sıcaklık, nem ve konum tespit görüntüsü

Şekil 5'te mobil uygulama arayüzünden izlenebilen konum, sıcaklık ve nem değerleri görülmektedir. Belirtilen sınırların aşılması durumunda cep telefonuna SMS'de gönderebilmektedir.



Şekil 6. Telefon SMS bildirimi

Şekil 6'de mobil cihazda görüntülenen bir SMS bildirimi yer almaktadır. Bu bildirim, sistemin ciddi bir sorun algıladığını ve acil müdahale gerektiğini belirtmek için kullanılır. Bu tür bildirimler, organın nakil süreci boyunca herhangi bir olumsuzluk durumunda sağlık ekibinin hızlı müdahale edebilmesini sağlar. Buradaki sınır değerler taşınan organın türüne göre belirlenebilmektedir.

Bu özellikler, organ taşımacılığı sırasında oluşabilecek riskleri minimize ederek nakil sürecinin güvenli bir şekilde tamamlanmasına yardımcı olabileceği gözlenmiştir.

## VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, organ nakli sürecinde organların taşınması sırasında karşılaşılan zorlukları ele alarak, bu

süreci daha güvenli ve verimli hale getirmek amacıyla IoT tabanlı bir izleme sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin, organ taşıma sürecinde sıcaklık ve konum gibi kritik parametreleri anlık olarak izleyerek taşıma güvenliğini ve verimliliğini artırdığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, Arduino tabanlı ekonomik bir geliştirme kartı ve ona eklenen GSM, sıcaklık modülleri, bir organ taşıma çantasına eklenerek ekonomik ve etkili konum ve sıcaklık takibi yapılabilir hale getirilmiştir.

Organ taşıma çantasının internet üzerinden izlenebilmesi için bulut tabanlı bir mobil uygulama geliştirilip, çantaya ait değerler bu uygulama üzerinden başarılı bir şekilde izlenebilmiştir. Sistem, hem Wi-Fi hem de GSM ağları üzerinden veri aktarımını destekleyecek şekilde yapılandırılmıştır. Yapılan testlerde, sistemin Wi-Fi bağlantısının olmadığı alanlarda otomatik olarak GSM modülüne geçiş yaptığı ve veri iletimini kesintisiz bir şekilde sürdürdüğü gözlemlenmiştir. Bu ikili yapı haberleşme maliyetini de düşürmüştür.

Bu çalışmada sıcaklık ve konum değeri izlenmiştir. Gelecek çalışmalarda farklı organlar için kritik olabilecek ortamdaki oksijen miktarı, basınç, organım canlılığı gibi kritik parametreler üzerine çalışılabilir.

## BİLGİLENDİRME

Bu proje TÜBİTAK 2209 Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı çağrısı kapsamında desteklenen "Organ Taşıma Çantası Sıcaklık ve Konum Takip Sistemi" projesi çalışmalarından üretilmiştir.

Bu projede Organ Taşıma Çantasını sağlayan TAMKAN Tıbbi ve Endüstriyel Materyaller firmasına teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- [1] A. Altınanhtar, "Dünya'da ve Türkiye'de Organ Tedariki ve Nakli: İktisadi Perspektifler, Sorunlar ve Çözüm Önerileri," *Sosyoekonom*, vol. 24, no. 28, pp. 11-30, 2016, doi: 10.17233/se.77392.
- [2] P. Jebane, P. Anusuya, M. Suganya, S. Meena, and M. Diana amutha priya, "IoT Based Health Monitoring And Analysing System Using Thingspeak Cloud & Arduino," *International Journal of Trendy Research in Engineering and Technology*, vol. 5, no. 4, 2021.
- [3] O. T. Esfahani and A. J. Moshayedi, "Design and Development of Arduino Healthcare Tracker System for Alzheimer Patients," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, vol. 5, no. 4, pp. 1-5, 2015.
- [4] "Organ Taşıma Çantası," tamkanlab.com, 24 May 2023. [Online]. Available: <https://www.tamkanlab.com/urun/28-litre-organ-tasima-cantasi-tk2856>. [Accessed: Aug. 20, 2024].
- [5] T. Edirne, "Türkiye'de Organ ve Doku Nakil Uygulamaları: Sonuçları ve Strateji Önerileri," *T Klin J Med Sci*, vol. 24, pp. 261-266, 2004.

- [6] S. Parlak, "Organ Bağıışı ve Organ Naklinde Ortaya Çıkan Sorunlar," Türkiye Barolar Birliğı Dergisi, no. 83, pp. 189-222, 2009
- [7] "Arduino D-IoT Development Boards, [Online]. Available: <https://www.robotsepeti.com/d-iot-2560-development-board>. [Accessed: Aug. 20, 2024].
- [8] V. Akhila, Y. Vasavi, K. Nissie, and P. Venkat Rao, "An IoT based Patient Health Monitoring System using Arduino Uno," International Journal of Research in Information Technology, vol. 1, no. 1, pp. 1-9, Nov. 2017.
- [9] M. A. Zermani, E. Feki, and A. Mami, "Temperature Acquisition and Control System based on the Arduino," International Journal of Emerging Science and Engineering, vol. 2, no. 12, pp. 1-6, Oct. 2014.
- [10] O. Toutian Esfahani and A. Jahangir Moshayedi, "Design and Development of Arduino Healthcare Tracker System for Alzheimer Patients," International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, vol. 5, no. 4, pp. 12-18, Sep. 2015.
- [11] H. Yüksel, M. Erbaşı, S. Kaya, and E. Öztürk, "Development of a Real-Time Tracking System for Organ Transport using RFID Technology," IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 340, no. 1, pp. 1-6, 2018.
- [12] A. Demir, and A. Yılmaz, "Türkiye'de Kadavradan Organ Nakli: Hukuksal, Dini ve Etik Boyutlar," in Proc. Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi, 2014, pp. 56-62.
- [13] Sujitha, S., Jagadeesh Kannan, R., Hemanth, V., Karthikeyan, S. "IoT Based Smart Mine Safety System Using Node MCU," International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol. 10, no. 5, pp. 15-19, May 2020.
- [14] D. Soylu and A. Tuna, "Kadavra Organ Nakli Süreçlerinde Hemşirelik Bakımı, Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medicine Journal Identity, vol. 5, no. 2, 2020.
- [15] R. Das, A. K. Kushwaha, and Prof. M. Sreejeth, "An IoT based Health Monitoring System using Arduino Uno," International Journal of Engineering Research & Technology, vol. 10, no. 03, pp. 1-5, Mar. 2021.



# PERFORMANCE EVALUATION OF A PHOTOVOLTAIC-ASSISTED FAN-BASED DRYING SYSTEM

Yusuf Can DEMİR<sup>1,\*</sup>, Aykut GÜZEL<sup>2</sup>, Mehmet Azmi AKTACİR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli University, Kocaeli, 41001, İzmit, **ORCID:** 0000-0003-0713-2244

<sup>2</sup> Adiyaman University, Adiyaman, 02040, Center, **ORCID:** 0000-0003-1321-4748

<sup>3</sup> Harran University, Şanlıurfa, 63290, Haliliye, **ORCID:** 0000-0003-2345-7815

## Article Info

### Oral Presentation

### Keywords

*Photovoltaic drying systems  
Fan-assisted solar drying  
Energy efficiency in agriculture  
Solar-powered agricultural  
technologies*

## Abstract

This study investigates the performance of a fan-based drying system powered by photovoltaic panels under the summer conditions of Şanlıurfa. Photovoltaic-assisted systems, considered as eco-friendly and sustainable alternatives to traditional fossil-fuel-powered systems for food drying processes, have the potential to reduce energy costs and environmental impacts. The photovoltaic panels, both bifacial and monofacial, were able to supply the necessary energy for operating the fans in the system.

Experimental results showed that the indoor temperature significantly increased compared to the outdoor temperature due to solar irradiation. During the day, the indoor temperature reached up to 55°C, which is ideal for drying agricultural products. The temperature difference between the indoor and outdoor environments peaked at 12,38 °C at midday, with the system maintaining an effective temperature differential for most of the day. The bifacial panel consistently generated more power, enhancing the system's energy efficiency.

In conclusion, this study demonstrates that photovoltaic-assisted drying systems are viable for agricultural applications in terms of both energy efficiency and environmental sustainability. It is suggested that such systems could be applied on a larger scale in future agricultural production processes, contributing to regional energy independence.

\*Corresponding Author E-mail : [yusufcan.demir@kocaeli.edu.tr](mailto:yusufcan.demir@kocaeli.edu.tr)

## I. INTRODUCTION

Renewable energy sources play a significant role in meeting the growing energy demand worldwide and providing an environmentally friendly future. Given the limited nature of fossil fuels and their environmental impacts, renewable energy sources such as solar, wind, and biomass are considered more attractive options for sustainable energy production. These energy sources offer significant advantages, including low carbon emissions, cost-effectiveness, and sustainability (Kalogirou, 2004). Solar energy, especially through photovoltaic (PV) systems, has become prevalent in both residential and industrial applications, standing out as a technology capable of generating electricity from direct sunlight.

Photovoltaic systems use semiconductor devices to convert sunlight into electrical energy. These systems minimize negative impacts on the environment by utilizing solar energy as a clean, renewable, and limitless resource (Green, 1982). Photovoltaic energy systems are notable for their low maintenance costs, long lifespans, and ability to operate independently. They contribute to regional development by increasing energy access, especially in remote areas (Chow, 2010). Additionally, fluctuations in fossil fuel prices and supply issues have made photovoltaic energy systems economically attractive.

The use of photovoltaic energy in the agriculture and food processing sector offers significant advantages. Drying processes are frequently employed to extend the shelf life of food, maintain its quality, and reduce waste. Since traditional drying systems predominantly operate on fossil fuels, they lead to high energy consumption and environmental issues (Garg and Kumar, 2000). In contrast, photovoltaic-assisted drying systems reduce energy costs and decrease dependence on external energy sources during the drying process. These

systems, powered directly by solar energy, provide a natural and environmentally friendly drying method (Prakash and Kumar, 2016).

The literature reveals numerous positive findings regarding photovoltaic-assisted drying systems. A study conducted by Prakash et al. (2016) indicated that drying systems powered by photovoltaic systems achieved improvements of up to 40% in energy efficiency. Similarly, Fudholi et al. (2013) found that these systems significantly reduced energy consumption and shortened drying times. Additionally, it was emphasized that food quality is preserved during the drying process and that operational costs are low.

In food drying machines, the temperature can typically be adjusted between 30°C and 70°C. However, this temperature can vary depending on the type of food and the drying method. For example:

**Low temperatures** (30°C - 40°C): Used for delicate materials such as herbs and flowers.

**Medium temperatures** (40°C - 50°C): Commonly preferred for drying fruits and vegetables.

**High temperatures** (50°C - 70°C): Suitable for drying protein-based products such as meat and fish.

Some professional food drying machines can go above 70°C for faster results, but this range is usually sufficient to preserve the nutritional value of the food. This study examines the performance of a fan-based drying system supported by photovoltaic panels in a container during the summer conditions in Şanlıurfa.

## II. MATERIALS AND METHODS

This study was conducted to evaluate the performance of the drying system shown in Figure 1 under the meteorological conditions of the summer period in Şanlıurfa, on August 13, 2023. To this end, the experimental setup was established at Harran University GAP-YENEV Research and Application Center. The structure used in the study has an internal volume of approximately 11,3 m<sup>3</sup>, as shown in Figure 1. The setup was created by installing one semi-transparent double-sided glass-glass panel and one opaque single-sided panel with equal production capacity on the southern facade. Additionally, a pyranometer was placed to measure the intensity of solar radiation (Figure 1).



Figure 1. Front view of the experimental setup

The positioning of the fans used to ensure air circulation and the arrangement of the ventilation openings are shown in Figure 2. Each fan operates with a power of 32 watts.

The panels were mounted on the container wall in a vertical position, facing south. A gap was left between the photovoltaic panels and the wall of the container. To allow sunlight to reach the back of the panels and to prevent air circulation with the external environment, this gap between the panels and the wall was covered with a transparent tarp (Figure 3). When the sunlight hit the front surface of the panels, it both generated electricity and increased the surface temperature of the panels. Air drawn from the interior was directed behind the PV panels through the fans, and the heated air was transferred back into the interior through the air outlet located at the top. The temperature inside the space and the outdoor air temperature were measured using thermocouple wires.



Figure 2. Position of the fans and air openings, and measurement of fan power with a wattmeter



Figure 3. Illustration of the transparent tarps in the setup

## III. RESULTS AND DISCUSSION

Temperature results obtained on August 13 are presented in Figure 4. Figure 5 shows the intensity of solar radiation. As seen, the indoor temperature increased and decreased according to the solar radiation intensity. The difference between the indoor and outdoor temperatures reached its highest level of 12,38°C at 12:00 PM. The indoor temperature rose to 55°C multiple times throughout the day, which is considered a good temperature for food drying under the conditions in Şanlıurfa. Overall, the temperature difference remained above 7 °C during the time period from 9:30 AM to 4:10 PM. The lowest indoor temperature recorded during this time was 46 °C. This indicates that usable heating was provided not only during the midday hours but also for a significant part of the day. Figure 4 shows that the system significantly increased the temperature during the drying process in the summer.

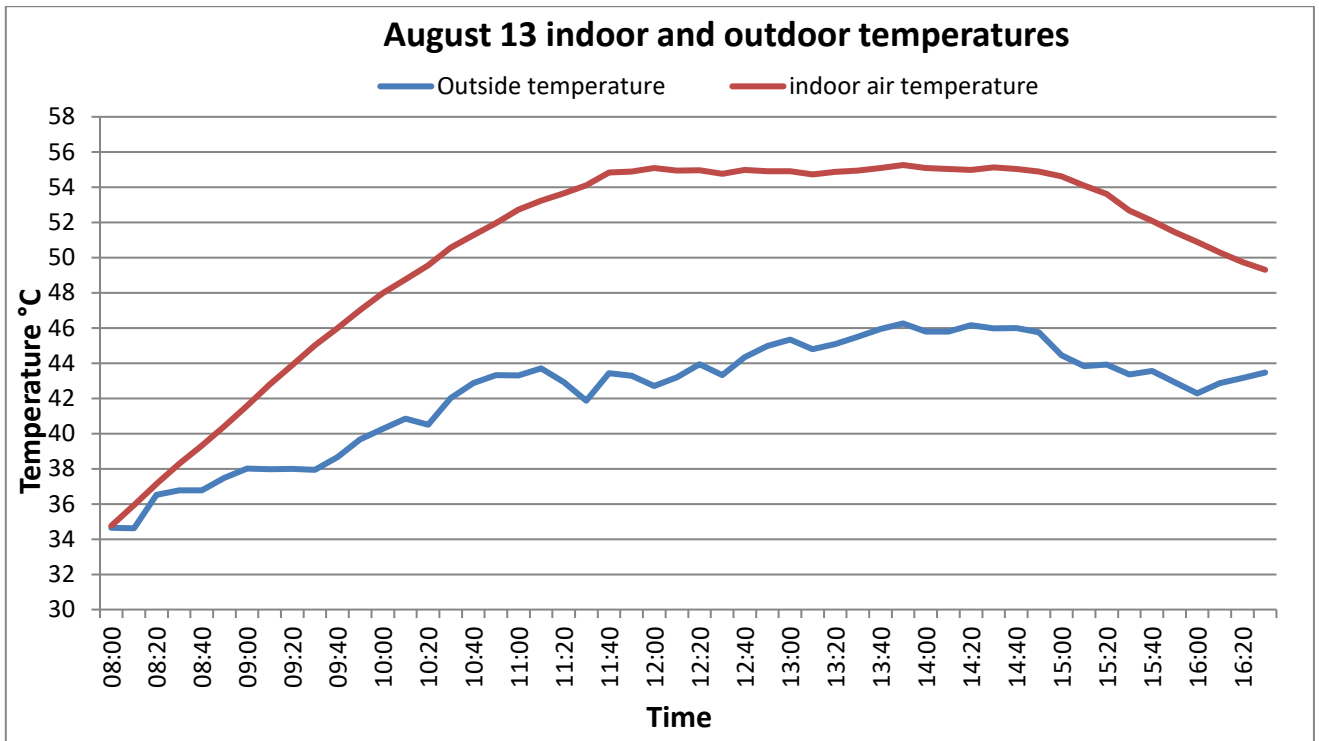


Figure 4. Indoor and outdoor temperatures of the drying system over time

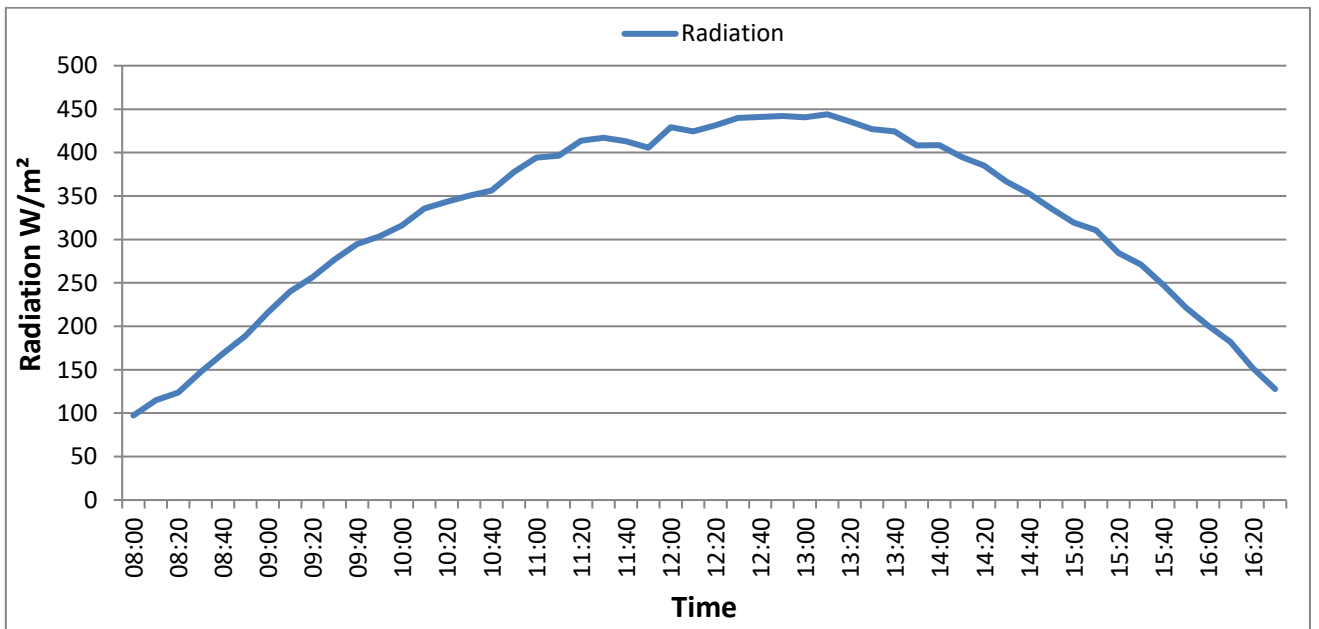


Figure 5. Intensity of radiation incident on the south side of the drying system

In the drying system, the hot air supplied to the indoor environment was circulated by two fans, each rated at 32 watts. They operated for a total of 8.5 hours from 8:00 AM to 4:30 PM. This means that approximately 32 watts x 8.5 hours x 2 fans = 544 Wh (watt-hours) of energy was consumed in one day. The power required for this was provided by the panels (Figure 6). Here, the double-sided panel consistently generated more power than the single-sided panel throughout

the day, making it suitable for the use of devices that consume higher power in drying systems.

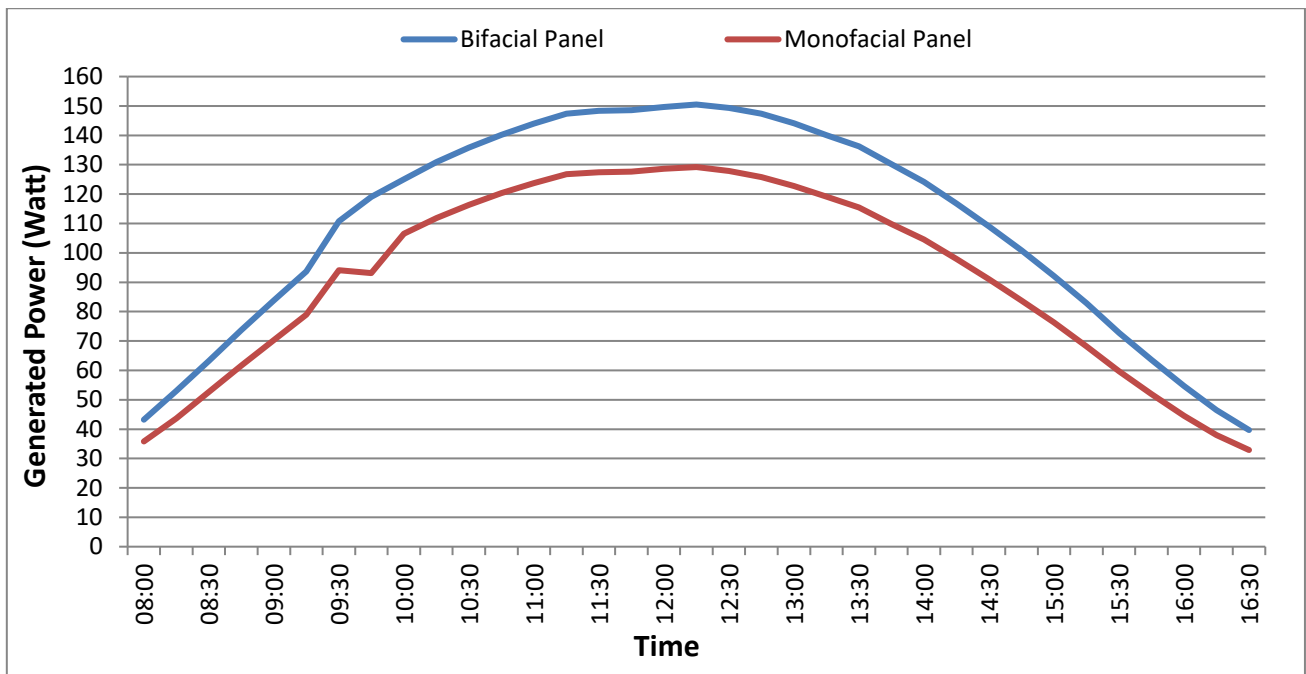


Figure 6. Power levels obtained from the panels throughout the day

Additionally, as shown in Figure 7, the total energy produced by these panels daily can easily meet the energy consumed by the two fans over 8.5 hours. For this reason, by adding a battery to the system, it would be possible to operate approximately three fans using just the single-sided panel. To achieve this, two solar stoves can be used alongside the solar panel as heat collectors. The self-sufficiency of this system, which is anticipated for use in agriculture, is extremely important for utilizing solar energy for both heating and electricity in food drying.

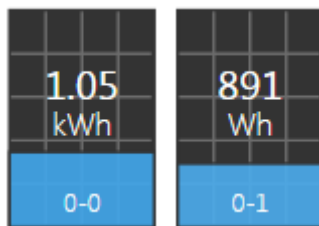


Figure 7. Energy produced by double-sided and single-sided panels on August 13

#### IV. CONCLUSION

This study evaluated the performance of a fan-based drying system supported by photovoltaic panels under the summer conditions of Şanlıurfa. Experimental results indicate that the indoor temperature significantly increased compared to the outdoor temperature due to solar radiation. Notably, during the midday hours, the indoor temperature reached 55°C, demonstrating that suitable conditions for drying agricultural products were achieved. The difference between indoor and outdoor temperatures rose to 12.38°C, and this difference remained above 7°C for a significant portion of the day.

Double-sided panels consistently produced higher power compared to single-sided panels, proving to be more efficient in meeting the system's energy needs. The energy obtained from the sun was sufficient for the operation of the fans, allowing the system to demonstrate a self-sufficient structure powered entirely by renewable energy. It has been observed that the photovoltaic-assisted drying system offers advantages in terms of energy savings and sustainability compared to traditional systems.

In conclusion, this system can be considered an environmentally friendly, cost-effective, and highly energy-efficient alternative for agricultural drying processes. In the future, the use of this system on a larger scale in agricultural activities could reduce regional energy dependency and contribute to sustainable farming practices.

#### REFERENCES

- [1] T. T. Chow, "A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology," *Appl. Energy*, vol. 87, no. 2, pp. 365–379, 2010.
- [2] A. Fudholi, K. Sopian, M. H. Ruslan, M. A. Alghoul, and M. Y. Sulaiman, "Review of solar dryers for agricultural and marine products," *Renew. Sust. Energy Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–30, 2013.
- [3] H. P. Garg and R. Kumar, "Studies on a multi-commodity solar dryer," *Solar Energy*, vol. 66, no. 4, pp. 275–283, 2000.
- [4] M. A. Green, *Solar cells: Operating principles, technology, and system applications*. Prentice-Hall, Inc., 1982.
- [5] S. Kalogirou, "Solar thermal collectors and applications," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 231–295, 2004.
- [6] O. Prakash and A. Kumar, *Solar drying technology: Concept, design, testing, modeling, economics, and environment*. SpringerBriefs in Environmental Science, 2016.



# SEM İLE BEYİN MODELLEMESİ SIMÜLASYONLARININ KULLANIMI VE ETKİLERİ ÜZERİNE BİR DERLEME

Eray DURSUN<sup>1,\*</sup>, Candide ÖZTÜRK<sup>2</sup>, Nur Banu ALBAYRAK<sup>3</sup>, Nevcihan DURU<sup>4</sup>, Vildan YAZICI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Yazılım Mühendisliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0007-1408-7839

<sup>2</sup> Bilgisayar Mühendisliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0009-0000-1091-5595

<sup>3</sup> Yazılım Mühendisliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye **ORCID:** 0000-0003-0577-6636

<sup>4</sup> Yazılım Mühendisliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye **ORCID:** 0000-0003-2154-7067

<sup>5</sup> Bilgisayar Mühendisliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 41275, Türkiye, **ORCID:** 0000-0001-5974-0167

Article Info	Abstract
<b>Oral Presentation</b>	Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) büyük ve karmaşık bir problemin küçük parçalara bölünerek çözülmesini sağlayan bir metottür. Beynin modellenmesi birçok karmaşık görüntü ve değer içeren bir problemdir. SEM ile beyin modellemesi hem beyin mekaniğinin anlaşılmasında hem de travmatik beyin yaralanmalarının tespitinde simülasyonların değerlendirilmesi ve karmaşık hesaplamaların en doğru sonucu vermesi bakımından önem arz etmektedir. SEM ile beyinde hasar oluşumuna neden olan hidrosefali hastalığının beyin simülasyonu başarı ile oluşturulabilmektedir. Ayrıca konuya özgü sonlu eleman modellerinin geliştirilmesi ile kraniyotomi sırasında beyin modellemeleri ve simülasyonları entegrasyonu ile gerçek zamanlı sonuçlar elde edilebilmektedir. SEM modellemeleri, beyin deformasyonunun ne yönde oluştuğunu, elektrokonvülsif tedavi sırasında kullanılan akımların beynin hangi bölgelerinde etkili olduğunu ve elektrik alan dağılımlarının belirlenmesinde, majör depresif bozukluklarında etkili olan bu tedavinin başarılı sonuçlara ulaşmasında kullanılmaktadır. Hazırlanan bu derlemede, SEM ile beyin simülasyonlarının hangi alanlarda kullanılabilir olduğu ve gerçek zamanlı entegrasyon ile tedavideki başarı oranlarına etkisi konularında bir literatür taraması sunulmaktadır. Gelecekte yapılacak tıbbi cihaz entegrasyonlarında ve simülasyonlarda SEM kullanımının önemini vurgulamaktadır.
<b>Keywords</b>	
SEM Beyin Modelleme Gerçek zamanlı simülasyonlar	

\* Corresponding Author E-mail : [eray.dursun@kocaelisaglik.edu.tr](mailto:eray.dursun@kocaelisaglik.edu.tr)

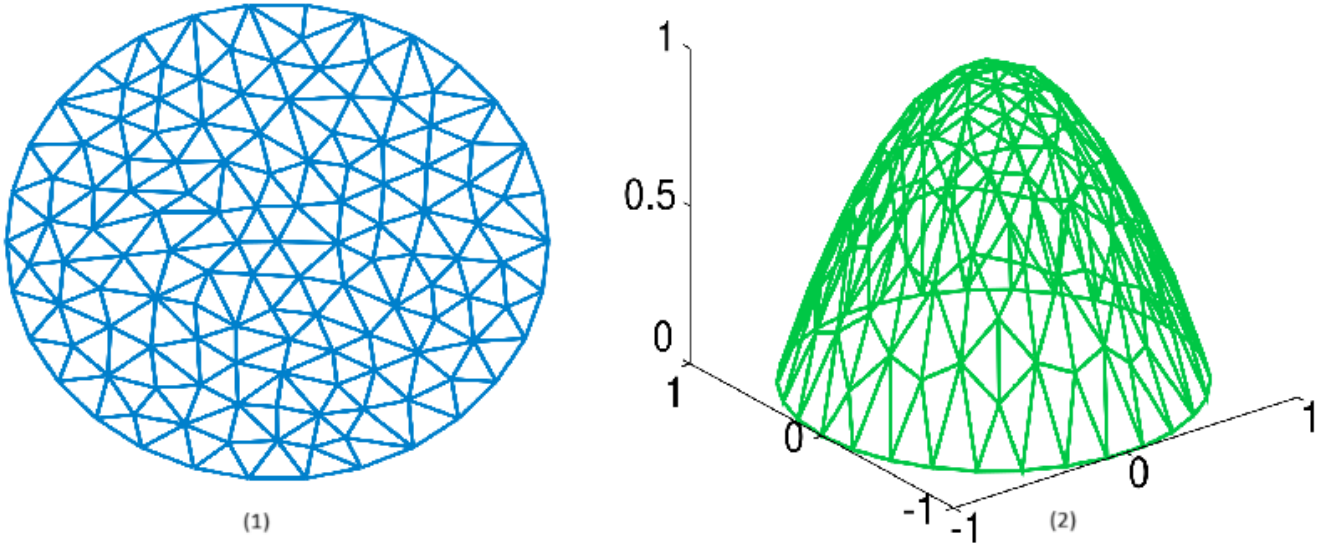
## I. GİRİŞ

İnsan hayatının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için en önemli organ olan beyin, karmaşık ve hassas bir yapıya sahiptir. İnsanın en hayati organı olarak kabul edilmelidir ki beyin ölümü gerçekleşmesi geri döndürülemez ölüm olarak kabul edilir (Machado,2010). Günümüzde beynin hala keşfedilmemiş özellikleri onun karmaşıklığının bir göstergesidir. Bugün beyin travmaları ya da beyinde gerçekleşen değişimler kaynaklı birçok rahatsızlık bulunmaktadır bunlara örnek olarak majör depresif bozukluklar, bunama, epilepsi, hidrosefali verilebilir (Budday et al.,2020). Ayrıca travmatik beyin yaralanmaları zor gibi gözükse de her yıl binlerce insan çeşitli nedenlerden dolayı - spor yaralanmaları, trafik kazaları, ev kazaları- bundan etkilenmektedir. Karmaşık ve hassas yapısından dolayı beyin travmalarında ya da beyin dokusu kaynaklı hastalıkların tanı ve tedavisinde dikkatli ve hassas olunması gereklidir. Bu noktada teşhis ve ameliyat gibi durumlarda beyin fonksiyonlarının modellenmesi önem arz etmektedir. Günümüzde ameliyat planlamaları için çalışmalar yapılmaktadır, bu planlamalar ve modellemeler ile oluşabilecek senaryoların değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Kurt Pehlivanoglu vd.(2023) yaptıkları çalışmada karmaşık beyin ameliyatlarının planlamasına farklı bir perspektif katmış ve bağımsız şekilde modelleme kullanarak optimal bir ameliyat planı oluşturabileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmanın amacı, sonlu eleman metodu kullanılarak beyin modellemesi simülasyonlarında hangi çalışmalar yapıldığını ve bu çalışmaların gelecekte nereye

gidebileceğini ya da kısıtlamalı alanların neler olduğunu belirleyebilmektir.

## II. LİTERATÜR TARAMASI

SEM, karmaşık fiziksel sistemleri simüle etmek ve analiz etmek için kullanılan güçlü bir hesaplama aracıdır. Beyin modelleme bağlamında SEM, beyin mekaniği, yaralanma mekanizmaları ve nörolojik süreçlere ilişkin anlayışımızı ilerletmede etkili olmuştur. Bu çalışma, önemli gelişmeleri ve metodolojileri vurgulayarak SEM'in beyin modellemedeki uygulama alanlarını araştırmaktadır.



Resim 1. Matlab'da oluşturulmuş SEM görselleri: (1)-  $u_{xx} + u_{yy} = -4$  denkleminin 1 yarıçaplı bir disk içinde çözümü. Çözümün gerçekleştirilebilmesi için alan küçük üçgenlere ayrılmıştır. (2) SEM ile çizilmiş çözüm grafiği [20] [21].

Beyin modellemesinde SEM kullanımı uzun yıllardır kullanılan ve güvenli sonuçlar elde edilmesini sağlayan bir methottur. Öyle ki Miller ve arkadaşları (1999) çalışmalarında, günümüzde hala kullanılmakta olan ticari SEM yazılımı olan ABAQUS'ten bahsetmiş, bu model beyin dokusunun büyük deformasyon, lineer, viskoelastik bir modelini sunmakta olup, nöroşirürjik işlemlerin sonlu elemanlar analizi için uygun olduğunu ve %30'a kadar sıkıştırmada deney sonuçlarıyla iyi bir uyum gösterdiğini söylemişlerdir.

Kraft ve arkadaşları (2012) ise SEM'i nörotravmayı modellemek amacıyla yapısal konnektom bazlı analizle birleştirmiş ve bu sayede beyin hasarının uzay-zamansal özelliklerini ve nöronal bağlantılar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Travmatik beyin hasarı (TBI), sonlu elemanlar methodu (SEM) kullanımının yaygın olduğu önemli bir araştırma alanıdır. Miller ve arkadaşları (2016), beynin darbeye verdiği tepkiyi incelemek için anatomik olarak doğru ve yüksek çözünürlüklü SEM modelleri geliştirmiş, bu modelleri deneysel verilerle doğrulamıştır. Çalışmalarında, beyin biyomekaniğini doğru şekilde temsil etmek için Latin hiperküp örnekleme gibi tekniklerle model optimizasyonu yapmışlardır. Guidice ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada, travmatik beyin hasarı araştırmalarında tanıyı iyileştirme potansiyeli taşıyan, bireye özgü beyin sonlu elemanlar modelleri oluşturmak için otomatik bir teknik geliştirmişlerdir. Bu teknik, hem dış hem de iç nöroanatomik özellikleri koruyarak, travmatik beyin hasarı analizlerinde daha doğru ve kişiselleştirilmiş sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca Guidice ve arkadaşları (2021) bir diğer çalışmalarında, travmatik beyin hasarının (TBI) biyomekaniğini incelemek ve kafa darbelerine bağlı yaralanma riskini değerlendirmek için geliştirilen CAB-20MSym modeli üzerine odaklanmıştır. Model, manyetik rezonans elastografi (MRE) kullanılarak malzeme heterojenliğini uygulamış ve deneysel verilerle doğrulanarak,

kafa darbelerine karşı beyin biyomekaniği tahminlerinde yüksek biyogerçekçilik sağlamıştır.

Saturnino ve arkadaşları (2019) çalışmalarında, SEM simülasyonlarının, beyindeki transkranial manyetik stimülasyon (TMS) ve transkranial elektrik stimülasyonu (TES) için uzaysal uyarı modellerini anlamamıza ve optimize etmemize yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. TMS ve TES, elektromanyetik indüksiyon veya cilt elektrotları aracılığıyla akım enjekte ederek beyin aktivitesini invazif olmayan bir şekilde modüle etmektedir. Ancak, anatomik olarak ayrıntılı kafa modellerine dayanan bu tür simülasyonların yavaş olması ve anatomik doğruluğun simülasyon doğruluğu üzerindeki etkisinin henüz tam anlamıyla değerlendirilmemiş olması bir sınırlılık olarak kalmıştır.

Lai ve arkadaşları (2012), SEM'in derin beyin stimülasyonu (DBS) uygulamalarında nöral problemleri tasarlamak, simüle etmek ve doğrulamak için kullanıldığını vurgulamışlardır. Çalışmalarında, hem nöral sinyal kaydı hem de elektriksel stimülasyon için çok kanallı elektrot dizilerine sahip bir nöral prob geliştirilmiş, bu probun elektrot-doku temas alanını maksimuma çıkarmak amacıyla elektrot yüzeyinde kaba üç boyutlu bir mikro yapıya sahip olduğu belirtilmiştir.

Vermaas ve arkadaşları (2020), elektrokortikografi (ECoG) ızgaraları ile beyin bilgisayar arayüzleri gibi uygulamalarda yüksek hassasiyetle nöronal aktivite kayıtlarının yapılabilmesi için SEM simülasyonlarının elektrot yerleşimini ve özelliklerini optimize etmede önemli rol oynadığını ifade etmişlerdir. Bu amaçla, hücre dışı potansiyeli simüle edebilen ve elektrotların özelliklerini modele açıkça dahil edebilen güvenilir bir araç geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Tonutti ve arkadaşları (2017) ise SEM'i makine öğrenimi algoritmaları ile birleştirerek, beyin cerrahisi sırasında doku deformasyonunu gerçek zamanlı modellemek için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yöntem, cerrahi prosedürlerin

doğruluğunu ve hastaya özgülüğünü artırmak amacıyla yumuşak doku deformasyonunun hızlı ve doğru bir şekilde görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bu kombinasyon, hesaplama hızı ve doğruluğu arasında denge sağlayarak beyin patolojileri için hastaya özel deformasyon modelleri üretmektedir.

Son olarak, Windoff ve arkadaşları (2013), SEM'in manyetik rezonans görüntüleme (MRI) verilerinden yüksek kaliteli, kişiselleştirilmiş kafa modelleri oluşturmak için kullanıldığını ve invaziv olmayan beyin stimülasyon teknikleri için doğru elektrik alanı hesaplamalarına olanak tanıdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmalar, insan beyin stimülasyonundaki elektrik alan hesaplamalarının doğruluğunu artırma amacıyla sayısal yöntemlerin daha yaygın kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

### III. TIBBİ CİHAZLARLA ENTEGRASYON VE LİMİTLER

SEM, beyin simülasyon oluşturulması ve beyin modellemede verdiği doğru sonuçlar ve karmaşık problemleri çözme konusundaki etkinliğinden dolayı uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Bunun yanında teknolojinin gelişmesi, makine öğreniminin sağlık alanında kullanımının yaygınlaşması, tıbbi cihazların entegrasyon ve kabiliyetlerinin artması ile birlikte yapılan yeni çalışmalar da bu yönde gelişmektedir.

Hou ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada, optimizasyon temelli örtük Euler yöntemine dayanan yeni bir sonlu elemanlar yöntemi (SEM) beyin doku deformasyon modeli oluşturmuşlar ve bu model nöroşürjik simülasyonların daha doğru ve gerçekçi sonuçlar ile taklit edilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca, modelin GPU tabanlı uygulaması ile yüksek hesaplama verimliliği elde edilmektedir.

Dijital ikizler, fiziksel bir nesnenin (örneğin, insan organları) sanal bir temsili oluşturmak amacıyla matematiksel ve hesaplamalı modellerden yararlanır. Wu ve arkadaşları (2022), bu teknolojinin, beyin kanseri gibi hastalıkların dinamiklerinin anlaşılmasında ve hastaya özgü tedavi planları geliştirilmesinde nasıl kullanılabileceğine ve bu modellerin limitlerinin neler olduğuna dair bir derleme hazırlamışlardır. Bu çalışmada, SEM ve İzogeometrik Analiz(IGA, SEM modelleme tabanlı yeni bir model) modellemenin sınırlarından ve uygunluklarından bahsedilmiştir.

Günümüzde MRI görüntüleriyle beraber oluşturulan beyin modelleme yöntemleri de mevcuttur. Medani ve arkadaşları (2021) yılında yaptıkları çalışmada, bu tür bir modelleme ile çalışmış bunu Brainstorm uygulamasına entegre etmişler ve yine hesaplamalar da SEM kullanmışlardır. MRI görüntüleriyle beyin modelleri oluşturma alanında Kabachek ve arkadaşları (2022), TMS için önemli olan ve TMS dozu, kafa dokusunun özgül direnci ve anatomisi gibi manyetik alan dağılımı hesaplamalarında SEM kullanmışlardır. Yine bu modeller Matlab'a dönüştürülüp COMSOL Multiphysics ile kafa modeline montajlanıp TMS simülasyonu yapılmıştır.

### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonlu elemanlar yöntemi, beyin mekaniği, gelişimi, yaralanması ve uyarılması hakkında bilgi sağlayarak beyin modelleme alanını önemli ölçüde geliştirmiştir. Araştırmacılar, SEM'i makine öğrenimi ve konektomik gibi diğer hesaplamalı tekniklerle entegre ederek daha doğru ve kapsamlı modeller geliştirebilir ve gelişmiş teşhis araçlarının ve tedavi stratejilerinin önünü açabilir.

### KAYNAKÇA

- [1] Gomes MS, Carmo GP, Ptak M, Fernandes FAO, Alves de Sousa RJ. Accuracy and efficiency of finite element head models: The role of finite element formulation and material laws. *Int J Numer Meth Biomed Engng*. 2024;e3851. doi:10.1002/cnm.3851
- [2] Voo K, Kumaresan S, Pinter FA, Yoganandan N, Sances A Jr. Finite-element models of the human head. *Med Biol Eng Comput*. 1996 Sep;34(5):375-81. doi: 10.1007/BF02520009. PMID: 8945864.
- [3] Nagashima, T., Tamaki, N., Matsumoto, S., Horwitz, B., & Seguchi, Y. (1987). Biomechanics of hydrocephalus: a new theoretical model. *Neurosurgery*, 21 6,898-904. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-11152-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-662-11152-9_19).
- [4] Giudice, J., Alshareef, A., Wu, T., Gancayco, C., Reynier, K., Tustison, N., Druzgal, T., & Panzer, M. (2020). An Image Registration-Based Morphing Technique for Generating Subject-Specific Brain Finite Element Models. *Annals of Biomedical Engineering*, 48, 2412 - 2424. <https://doi.org/10.1007/s10439-020-02584-z>.
- [5] Wittek, A., Joldes, G., Couton, M., Warfield, S., & Miller, K. (2010). Patient-specific non-linear finite element modelling for predicting soft organ deformation in real-time: application to non-rigid neuroimage registration. *Progress in biophysics and molecular biology*, 103 2-3, 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2010.09.001>
- [6] Ahmad Bakir, A., Bai, S., Lovell, N.H., Martin, D., Loo, C., Dokos, S. (2019). Finite Element Modelling Framework for Electroconvulsive Therapy and Other Transcranial Stimulations. In: Makarov, S., Horner, M., Noetscher, G. (eds) *Brain and Human Body Modeling*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21293-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21293-3_2)
- [7] Machado, C. (2010). Diagnosis of Brain Death. *Neurology International*, 2(1). <https://doi.org/10.4081/ni.2010.e2>
- [8] Budday, S., Ovaert, T.C., Holzapfel, G.A. et al. Fifty Shades of Brain: A Review on the Mechanical Testing and Modeling of Brain Tissue. *Arch Computat Methods Eng* 27, 1187–1230 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09352-w>
- [9] Deck, C., & Willinger, R. (2009). The current state of the human head finite element modelling. *International Journal of Vehicle Safety*, 4(2), 85–112. <https://doi.org/10.1504/IJVS.2009.028921>
- [10] Kurt Pehlivanoğlu M, Ay EC, Eker AG, et al. A new surgical path planning framework for neurosurgery. *Int J Med Robot*. 2024;e2576. <https://doi.org/10.1002/rcs.2576>.

- [11] Miller, K. (1999). Constitutive model of brain tissue suitable for finite element analysis of surgical procedures.. *Journal of biomechanics*, 32 5, 531-7. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(99\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(99)00010-X).
- [12] Kraft, R., Mckee, P., Dagro, A., & Grafton, S. (2012). Combining the Finite Element Method with Structural Connectome-based Analysis for Modeling Neurotrauma: Connectome Neurotrauma Mechanics. *PLoS Computational Biology*, 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002619>.
- [13] Miller, L., Urban, J., & Stitzel, J. (2016). Development and validation of an atlas-based finite element brain model. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 15, 1201-1214. <https://doi.org/10.1007/s10237-015-0754-1>.
- [14] Giudice, J., Alshareef, A., Wu, T., Gancayco, C., Reynier, K., Tustison, N., Druzgal, T., & Panzer, M. (2020). An Image Registration-Based Morphing Technique for Generating Subject-Specific Brain Finite Element Models. *Annals of Biomedical Engineering*, 48, 2412 - 2424. <https://doi.org/10.1007/s10439-020-02584-z>.
- [15] Giudice, J., Alshareef, A., Wu, T., Knutsen, A., Hiscox, L., Johnson, C., & Panzer, M. (2021). Calibration of a Heterogeneous Brain Model Using a Subject-Specific Inverse Finite Element Approach. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.664268>.
- [16] Hou, W., Liu, P., Zheng, M., & Liu, S. (2020). A New Deformation Model of Brain Tissues for Neurosurgical Simulation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69, 1251-1258. <https://doi.org/10.1109/TIM.2019.2909247>.
- [17] Wu, C., Lorenzo, G., Hormuth, D., Lima, E., Slavkova, K., DiCarlo, J., Virostko, J., Phillips, C., Patt, D., Chung, C., & Yankeelov, T. (2022). Integrating mechanism-based modeling with biomedical imaging to build practical digital twins for clinical oncology.. *Biophysics reviews*, 3 2, 021304. <https://doi.org/10.1063/5.0086789>.
- [18] Medani, T., Garcia-Prieto, J., Tadel, F., Schrader, S., Antonakakis, M., Joshi, A., Engwer, C., Wolters, C., Mosher, J., & Leahy, R. (2021). Realistic head modeling of electromagnetic brain activity: an integrated Brainstorm-DUNEuro pipeline from MRI data to the FEM solutions. , 11595, 1159554. <https://doi.org/10.1117/12.2580935>.
- [19] Kabachek, V., Davydova, N., Mezhennaya, M., & Davydov, M. (2022). Anthropomorphic Brain Models Based on Magnetic Resonance Imaging. *Digital Transformation*. <https://doi.org/10.35596/2522-9613-2022-28-2-61-69>.
- [20] Sonlu elemanlar yöntemi. (2024, April 30). In *Wikipedia*. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Sonlu\\_elemanlar\\_y%C3%B6ntemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Sonlu_elemanlar_y%C3%B6ntemi)
- [21] User.(2022, February 13). In *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/User:Oleg\\_Alexandrov/Pictures](https://en.wikipedia.org/wiki/User:Oleg_Alexandrov/Pictures)



# TECHNICAL CONSIDERATIONS AND KEY CRITERIA FOR THE SELECTION OF INSTRUMENT TRANSFORMERS

Mehmet GEZER <sup>1\*</sup>, Bora ALBOYACI <sup>2</sup>

<sup>1</sup> GENETEK Power and Energy Company, 41275 Kocaeli, Türkiye, Kocaeli, 41275, Turkey, **ORCID:** 0009-0000-3634-0451

<sup>2</sup> Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, 41001, Turkey, **ORCID:** 0000-0002-1117-0326

## Article Info

Oral / Poster  
Presentation

## Keywords

Current Transformer Saturation  
Current Transformer Sizing  
Instrument Transformers  
IEC 61869  
Measurement and Protection  
Systems

## Abstract

Instrument transformers play a fundamental role in the transmission and distribution of electrical energy. Current and voltage transformers used in conventional methods must be selected in compliance with IEC standards, which define various accuracy classes and performance requirements for both measurement and protection functions. Key factors to consider during the selection process include the type of instrument transformer, rated insulation level, rated primary current/voltage, rated secondary current/voltage, continuous thermal current rating, rated short-time current, number of cores, power/accuracy class, and saturation factor/measurement safety factor. Additionally, specific requirements are established for different protection functions, and current transformers should be selected accordingly. In this context, the proper selection of current transformers is critical for ensuring the reliability and efficiency of electrical systems. This article presents fundamental criteria and recommendations for the selection of instrument transformers in accordance with IEC standards and demonstrates the simulation results regarding the impact of current transformer specifications on protection relays.

\*Corresponding Author E-mail : mehmet.gezer@genetek.com.tr

## I. GİRİŞ

Elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtımı için birçok ölçme, kontrol ve koruma sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemlerin çalışması için temel elektrik parametreleri olan akım ve gerilim bilgilerinin ölçümü her daim gerekli olmuştur. Gerilim seviyesine bağlı olarak bazı ölçme, kontrol ve koruma cihazları doğrudan ölçüm yapabildiği gibi birçok noktada akım ve gerilim ölçü transformatörleri aracılığı ile dolaylı ölçüm devreleri de kullanılmaktadır. Bu dolaylı ölçme sistemlerinde ölçü transformatörleri, akım, gerilim, güç ve enerji gibi elektriksel parametrelerin ölçme zincirinin ilk halkasını oluşturmaktadır.[1]

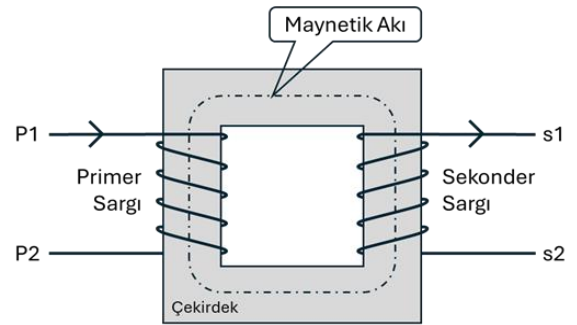
Geleneksel akım ve gerilim ölçme transformatörleri primer devresinden ölçü ve koruma cihazlarının bağlı bulunduğu sekonder devresine güç iletmek için bir manyetik çekirdeğe ihtiyaç duyarlar. Ancak manyetik devreler doyuma ulaşarak sekonder devrede birincil sargıdan akan akımdan veya bulunan gerilimden çok daha farklı bir dalga şekli ve değerine neden olabilir.[2]

Çalışma kapsamında IEC standartlarının akım ve gerilim ölçme transformatörlerinin doğru seçimi hakkındaki teknik notları derlenmiştir. Ayrıca geçici rejim simülasyonları ile akım transformatörlerinin koruma rölelerinin çalışması üzerine etkileri gösterilmiştir.

## II. MANYETİK DEVRE

Ölçü transformatörleri temel manyetik bir devre ile basitleştirilebilir. Şekil 1, ideal bir ölçü transformatörünün en temel manyetik devresini göstermektedir. Akım birincil sargıdan geçerken veya gerilim birincil sargıya uygulandığında çekirdekte manyetik bir akıya neden olur. Akı çekirdekte akar ve ikinci sargıda birincil sargının ikincil sargıya oranıyla çevrilen bir akım veya gerilim indüklenir. Ölçü transformatörleri kusursuz cihazlar

değildir ve bakır sargının ve çekirdeğin direncinden ve kaçak endüktanstan dolayı kayıplar meydana gelir. En büyük iki kayıp, akımı taşıyan bakır sargılardan ve akıyı taşıyan manyetik çekirdekte kaynaqlanmaktadır.



Şekil. 1. Temel manyetik devre [3]

## III. IEC 61869 STANDARTINA GÖRE ÖLÇÜ TRANSFORMATÖRLERİ

Ölçü transformatörlerine dair standartların hazırlanmasında IEC Teknik Komite 38 sorumludur ve 1996'dan beri ölçü transformatörlerine dair standartlar önce IEC 60044 daha sonra IEC 61869 serisinde toplanmaktadır. Bu serideki standartlar dizisine genel bir bakış aşağıdaki Çizelge 1'de verilmiştir.[2]

IEC 61869 standardında ölçü transformatörleri için farklı doğruluk sınıfları tanımlanmaktadır. Bu doğruluk sınıfları ölçü ve koruma olmak üzere iki ana fonksiyona ayrılmaktadır. Ölçü sınıfları, primer akım veya gerilimin sınırlı bir değişim aralığı için yüksek doğruluk gereksinimini tanımlar iken, koruma sınıfları ise primer akım veya gerilimdeki büyük değişikliklere yönelik gerekli doğruluğu tanımlamaktadır. Akım ve gerilim

transformatörlerinin klasik teknolojisinin sınırlamaları nedeniyle, aynı manyetik çekirdekle her iki doğruluk gereksinimini de karşılamak genel olarak mümkün değildir. Sonuç olarak, farklı türdeki işlevleri gerçekleştirmek için sıklıkla farklı çekirdeklere ihtiyaç duyulmaktadır.[2]

Çizelge I. IEC 61869 standart dizisi [4]

Standart Ailesi	Standart Numarası	Başlık
IEC 61869-1:2023 Ölçü transformatörleri - Bölüm 1: Genel kurallar	61869-2	Akım transformatörleri için ilave kurallar
	61869-3	Endüktif gerilim transformatörleri için ilave kurallar
	61869-4	Birleştirilmiş transformatörler için ilave kurallar
	61869-5	Kondansatörlü gerilim transformatörleri için ilave kurallar
	61869-9	Ölçü transformatörleri için dijital arayüz
	61869-10	Düşük güçlü pasif akım transformatörleri için ilave gereklilikler
	61869-11	Düşük güçlü pasif gerilim transformatörleri için ilave gereklilikler
	61869-13	Bağımsız birleştirme birimi (SAMU)
	61869-14	D.A. Uygulamalarında kullanılan akım transformatörleri için ilave gereklilikler
	61869-15	D.A. Uygulamalarında kullanılan gerilim transformatörleri için ilave gereklilikler
61869-100	Akım transformatörlerinin güç sistemi korumasında uygulanmasına ilişkin kılavuz	

IEC 61869'a göre ölçü transformatörlerinin doğruluk sınıfı, nominal primer akım/gerilim ve nominal çıkış gücünde meydana gelen oran hatasının( $\epsilon$ ) izin verilen en yüksek yüzdesi ile belirlenmektedir.

Ölçü sınıfı akım transformatörleri için standart doğruluk sınıfları şunlardır: 0,1 – 0,2 – 0,2S – 0,5 – 0,5S – 1 – 3 – 5

Bu sınıflar için izin verilen oran hata sınırları Çizelge 2'de verilmiştir.[5]

Çizelge II. Ölçü sınıfı akım trafoları için oran hatası sınırları [5]

Sınıf	Oran Hata Sınırı $\pm$ %			
	Anma Akımında (%)			
	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5
1	3	1,5	1	1
0,2S	0,35	0,2	0,2	0,2
0,5S	0,75	0,5	0,5	0,5

Sınıf	Oran Hata Sınırı $\pm$ %			
	Anma Akımında (%)			
	5	20	100	120
3	-	-	-	3
5	-	-	-	5

Koruma sınıfı akım transformatörlerini tanımlamak için ise üç farklı alt grup belirlenmiştir (bkz. Çizelge III).

Çizelge III. Koruma sınıfı akım trafoları grupları[5]

Sınıf	Artık Akı Limiti	Açıklama
P	Hayır	Simetrik kararlı durum koşulları altında kısa devre akımının bileşik hata gereksinimlerini karşılamak için gerekli akım transformatörünü tanımlar
PR	Evet	
PX	Hayır	Akım transformatörünün mknatıslanma özelliğini belirterek tanımlanır
PXR	Evet	
TPX	Hayır	Asimetrik kısa devre akımı koşulları altında geçici durum hata gereksinimlerini karşılamak için gerekli akım transformatörünü tanımlar
TPY	Evet	
TPZ	Evet	

Bu koruma sınıfı akım transformatörleri için nominal frekansta ve nominal yükte oran hatası, faz kayması ve bileşik hata Çizelge IV'te verilen sınırları aşmamalıdır.

Çizelge IV. Koruma sınıfı akım trafoları için hatası sınırları[5]

Sınıf	Anma Akımında Oran Hata Sınırı $\pm$ %	Anma Akımında Faz Kayması Sınırı	
		Dakika	Derece
5P ve 5PR	1	$\pm 60$	$\pm 1,8$
10P ve 10PR	3	-	-
PX	0,25	-	-
PXR	1	-	-
TPX	0,5	$\pm 30$	$\pm 0,9$
TPY	1	$\pm 60$	$\pm 1,8$
TPZ	1	$180 \pm 18$	$5,3 \pm 0,6$

Ölçü sınıfı gerilim transformatörleri için ise standart doğruluk sınıfları şunlardır: 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3. Bu sınıflar için izin verilen oran hata sınırları Çizelge V'te verilmiştir.[6]

Çizelge V. Ölçü sınıfı gerilim trafoları için hatası sınırları[6]

Sınıf	Oran Hata Sınırı ± %	Faz Kayması Sınırı	
		Dakika	Derece
0,1	0,1	±5	±0,15
0,2	0,2	±10	±0,3
0,5	0,5	±20	±0,6
1	1	±40	±1,2
3	3	Tanımlanmamış	±0,9

Koruma sınıfı gerilim transformatörleri ise, nominal gerilim seviyesinin %5'inden, nominal gerilime kadar olan aralıkta uygulanacak herhangi bir gerilimde belirli bir hata sınırına sahip olmalıdır. Öyle ki bu hata sınırı sınıf isimlendirmesine dahil edilmiştir. İzin verilen hata sınırından sonra gelen "P" harfi ile hem hata sınırı hem de koruma sınıfı olduğu belirtilmektedir. (bkz. Çizelge VI).

Çizelge VI. Koruma sınıfı gerilim trafoları için hatası sınırları[6]

Sınıf	Oran Hata Sınırı ± %	Faz Kayması Sınırı	
		Dakika	Derece
3P	3	±120	±3,5
6P	6	±240	±7

#### IV. ÖLÇÜ TRANSFORMATÖRLERİNİN SEÇİMİ

Ölçü transformatörlerinin seçimi için dikkate alınması gereken ana faktörler şunlardır[7]:

1. Ölçü transformatörünün tipi
2. Anma yalıtım seviyesi
3. Anma primer akımı/gerilimi
4. Anma sekonder akımı/gerilimi
5. Sürekli termik anma akımı/anma gerilim faktörü
6. Anma kısa süre akımı (I<sub>th</sub>) & dinamik akımı (I<sub>dyn</sub>)
7. Çekirdek sayısı
8. Güç&doğruluk sınıfı
9. Aşırı akım doyma katsayısı&ölçü emniyet katsayısı (ALF&Fs)

##### 1) Ölçü transformatörünün tipi:

Gerilim ölçü transformatörleri esas olarak endüktif ve kapasitif olmak üzere iki tiptir. Kapasitif gerilim ölçü transformatörleri genellikle yüksek gerilim seviyesi (100 kV ve üstü) için kullanılmaktadır. Endüktif bir gerilim transformatörü, normal bir transformatörle aynı mıknatıslanma prensibine göre çalışmaktadır, ancak kapasitif gerilim ölçü transformatörleri gerilim bölücü görevi gören kapasitör setleriyle yapılmaktadır. Kapasitif gerilim ölçü transformatörleri, kendisi de nispeten küçük ve hafif olan gerilim bölücü kapasitörler sayesinde, endüktif ölçü transformatörünün demir nüve boyutunun çok daha küçük ve dolayısıyla daha ekonomik olması avantajını sunmaktadır.

Geleneksel tüm akım transformatörleri ise indüksiyon prensibine göre çalışmaktadır ve tek tipi endüktiftir. Ancak akım transformatörlerinin fiziksel olarak tipi değişkenlik göstermektedir. Mesnet tipi, kablo tipi, geçit tipi gibi farklı amaçlarda kullanılan fiziksel yapıları mevcuttur.

##### 2) Anma yalıtım seviyesi:

Ölçü transformatörlerinin, sistemin çalışma gerilimlerinde ve aşırı gerilimlerde sorunsuz çalışması beklenmektedir. Bu sebeple IEC 61869-1 standardında yalıtım seviyesi kontrolü için test gerilimleri sistem gerilimine göre belirtilmektedir. (bkz. Çizelge VII).

Çizelge VII. Ölçü transformatörleri için anma yalıtım seviyeleri[4]

En Yüksek Şebeke Gerilimi (kV)	Şebeke Frekanslı Dayanım Gerilimi (kV)	Yıldırım Dayanım Gerilimi (kV)	Darbe Gerilimi (Tepe)
0,72	3	-	-
1,2	6	-	-
3,6	10	20	40
7,2	20	40	60
12	28	60	75
17,5	38	75	95
24	50	95	125
36	70	145	170

##### 3) Anma primer akımı/gerilimi:

Akım ölçü transformatörleri için anma primer akımı, beklenen maksimum çalışma akımından %10 ila 40 daha yüksek belirlenmesi normal bir uygulamadır. Üreticinin sunduğu en yakın üst standart değerler seçilebilir.

Endüktif veya kapasitif gerilim ölçü transformatörleri için ise, bağlı bulunacakları sistem işletme gerilimine göre anma primer gerilim değeri belirlenir.

##### 4) Anma sekonder akım/gerilimi:

Akım ölçü transformatörleri için standart sekonder akımı 5A veya 1 A'dır. Sekonder devre yükü akımın karesine göre değiştiği için, fazla güç gereksinimi olan durumlarda 1A sekonder akımı tercih edilebilir. Gerilim ölçü transformatörleri için ise sekonder gerilimler  $100/\sqrt{3}$  veya  $110/\sqrt{3}$ 'tür.

##### 5) Sürekli termik anma akımı/anma gerilim faktörü:

Akım ölçü transformatorünün sürekli termik akımı, standartlarda öngörülen sıcaklık artış limitlerini aşmadan primerde sürekli olarak akışına izin verilebilecek akım miktarıdır. Aksi belirtilmediği sürece, nominal primer akımına eşittir veya derecelendirme faktörü 1'dir. Bir gerilim ölçü transformatorü için gerilim faktörü manyetik nüvenin doygunluğuna neden olmadan uygulanabilecek gerilim derecesini tanımlamaktadır.

##### 6) Kısa süreli akım(Ith) & dinamik akım(Idyn):

Kısa süreli akım, akım ölçü transformatorünün izolasyonuna zarar verebilecek bir sıcaklık seviyesine ulaşmadan 1 saniye boyunca dayanabileceği akımdır. Dinamik akım IEC 61869'a göre 50Hz'lik bir sistem için nominal kısa süreli akımın 2,5 katı olmalıdır.

##### 7) Çekirdek sayısı:

Ölçü transformatorleri, ölçme ve koruma amaçlarıyla kullanılmak üzere farklı çekirdeklerin bir arada olduğu yapılarda üretilebilmektedir. Bu sebeple gerekli olan çekirdek tipleri ve sayısı belirtilmelidir. Bazı koruma fonksiyonları, örneğin yüksek empedans diferansiyel koruma gibi, hususi bir ölçü çekirdeği istediğinden bazı durumlarda aynı ölçü transformatorü içinde birden fazla çekirdek kullanılması gerekebilmektedir.

##### 8) Güç(Sn)&doğruluk sınıfı:

Akım ve gerilim ölçü transformatorlerinin gücü sekonder devresine bağlanacak yük miktarına göre doğru şekilde belirlenmelidir. Çünkü akım ve gerilim transformatorlerinin ölçebileceği aralık ve doğru ölçme kabiliyetleri sekonder devre yüküne ve transformatorün nominal gücüne bağlıdır.

Doğruluk sınıfı ise yapılacak uygulama veya koruma fonksiyonuma göre belirlenmelidir.

##### 9) Aşırı akım doyma katsayısı&ölçü emniyet katsayısı (ALF&Fs):

Ölçme akım transformatoründe doyma katsayısı, ölçü emniyet katsayısı(Fs) olarak adlandırılır ve bağlanacak ölçme cihazının akım devresi dayanımına göre seçilmelidir.

Koruma sınıfı akım transformatoründe aşırı akım doyma katsayısı olarak adlandırılır ve "ALF" olarak gösterilir. Bu doyma katsayısı etikette "P" harfinden sonra yazılır ve koruma yapılacak ekipmana ve maksimum kısa devre seviyesine göre belirlenmektedir.

## V. AKIM TRANSFORMATERLERİNİN SEÇİMİ

### A. Ölçü Sınıfı Akım Transformatorü;

IEC 61869-2[5] standardına göre, ölçü sınıfı akım transformatorlerinin belirlenen hata standartlarını sağlayabilmesi için ideal çalışma aralığı anma gücüne göre belirlenmiştir. Buna göre, Sınıf 0,1-0,2-0,5, 1, 0,2s ve 0,5s akım ölçü transformatorleri için yükün, nominal çıkışın %25 ila %100'ü arasında herhangi bir değer alabileceği belirtilmiştir. Sınıf 3 ve 5 için ise %50 ila %100'ü arasında herhangi bir değer alabileceği belirtilmiştir. Buna göre ölçme devresine bağlı ekipmanların ve iletkendeki toplam

güç tüketimi dikkate alınarak akım transformatorünün anma gücü belirlenmelidir.

Diğer bir kriter ise ölçü akım transformatorünün doyma seviyesidir. Akım transformatorü sekonder cihazları koruması için aşırı akım seviyelerini sekondere yansıtmalıdır. Bunun için akım transformatorünün düzeltilmiş ölçü emniyet katsayısı ve sekonder akımının çarpımı bağlı cihazın termik akım dayanım seviyesinden küçük olması gerekmektedir.

Düzeltilmiş ölçü emniyet katsayısı, anma ölçü emniyet katsayısının akım transformatorünün gücüne, iç direncine ve sekonder devreye bağlı toplam yüke bağlı olarak aşağıdaki Denklem (1)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$Fs' = \frac{S_n + S_{at}}{S_{at} + S_{yük}} \times Fs \quad (1)$$

Burada;

Fs: anma ölçü emniyet katsayısı

Fs': düzeltilmiş ölçü emniyet katsayısı

Sn: akım transformatorü anma gücü

Sat: akım transformatorü iç direncine bağlı kaybı

Syük: Sekonder akım devresine bağlı toplam yük(iletken kaybı ve cihazların güç tüketimleri vs.)

### B. Koruma Sınıfı Akım Transformatorü;

Çizelge VIII'de IEC 61869-100'e göre koruma fonksiyonlarına için tavsiye edilen akım transformatorü sınıfı ve gereksinimleri verilmiştir.

Çizelge VIII. Uygulama önerileri[8]

Koruma Fonksiyonu	Tavsiye edilen AT sınıfı
Aşırı akım, faz/toprak -yönsüz(50/51(N)) -yönlü(67/67N)	10P 5P
Mesafe(21/21N)	5P, PX
Hassas toprak hata koruması	Pencere tipi akım trafosu
Diferansiyel -transformatorü(87T) -generatör&transformator (87G) -bara(87B) -hat(87L) -ΔI -Δφ -yüksek empedans(87Z)	5PR,TPY,TPZ,PXR 5P PX

### 1) Aşırı Akım Koruma:

Aşırı akım koruması için tipik olarak düzeltilmiş doyma katsayısı(ALF') ≥ 20 şartı önerilebilir. Bu değer, genellikle zaman gecikmeli aşırı akım korumada kullanılan, ters zaman eğrisinin tipik maksimum akımını temsil eder.



Bunun yanı sıra, ALF' değeri, aşırı akım koruması için kullanılan maksimum muhtemel ve uygulanabilir koruma ayarından daha yüksek olmalıdır.

Düzeltilmiş doyma katsayısı, anma doyma katsayısının akım transformatorünün gücüne, iç direncine ve sekonder devreye bağlı toplam yüke bağlı olarak aşağıdaki Denklem (2)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$ALF' = \frac{S_n + S_{at}}{S_{at} + S_{yük}} \times ALF \quad (2)$$

Burada;

ALF: anma doyma katsayısı

ALF': düzeltilmiş doyma katsayısı

S<sub>n</sub>: akım transformatorü anma gücü

S<sub>at</sub>: akım transformatorü iç direncine bağlı kaybı

S<sub>yük</sub>: Sekonder akım devresine bağlı toplam yük (iletken kaybı ve röle güç tüketimleri)

## 2) Transformator Diferansiyel Koruma:

Kirchhoff yasasına göre diferansiyel koruma, korunan bölgedeki tüm giren ve çıkan akımları karşılaştırır. Normal veya arıza koşulları altında, giren tüm akımların vektörel toplamı ideal olarak sıfır olmalıdır. Uygulamada, belirli olaylar yanlış bir diferansiyel akıma neden olur ve sağlıklı koşullarda toplam akım sıfıra denk değildir. Koruma bölgesi içindeki arıza durumunda akım toplamı arıza noktasındaki kısa devre akımına neredeyse eşittir. Bu durumda diferansiyel röle, görünür diferansiyel akımı, dâhili bir arızanın kesin bir göstergesi olarak kullanır.

Akım trafolarının davranışı diferansiyel korumada önemli bir rol oynar. Normalde dâhili arızalar her türlü diferansiyel röle tarafından tanınmalıdır. Buradaki asıl mesele, yüksek arıza akımlarına sahip harici arızalarda stabil kalabilmektir.

Bu uygulamada hem iç hem de dış arızaların dikkate alınması gerekmektedir. Yukarıda açıklandığı gibi, her türlü dış arıza için, özellikle uzun arıza temizleme süreleri için, korumanın hatalı çalışmasına karşı kararlılık sağlanmalıdır.

Dâhili arızalar da en kötü durumda akım transformatorünün doymasına neden olabilir. En kritik durum bir transformatorün yüksek gerilim tarafında bir arızadır. Düşük kaynak empedansları için kısa devre akımları çok yüksek olabilir. Öte yandan akım trafosu nominal primer akımı I<sub>p</sub> değerinin transformatorün nominal akımına uyarlanması gerektiğinden nispeten düşüktür.

Diferansiyel koruma için akım transformatorü seçiminde genel tavsiye şunlardır;

- Hem iç hem de dış arızalar dikkate alınmalıdır.
- Akım transformatorü oranları güç transformatorünün nominal akımına uyarlanmalıdır.
- Artık mıknaatıslanmayı önleyen AT tipi/sınıfı: SPR, TPY, TPZ, PXR kullanılmalıdır.

Transformatorün YG ve AG taraflarındaki faz AT'larının nominal primer akımları, transformator aşırı yük akımları oluşabileceğinden nominal transformator akımlarının en az %120'si olacak şekilde seçilmelidir.

Transformator diferansiyel koruma için seçilecek akım transformatorünün iç ve dış arızalarda Denklem (3)'ü sağlıyor olması gerekmektedir;

$$E_k \geq K_{td} \times \frac{I_a}{I_p} \times (R_{at} + R_{yük}) \quad (3)$$

Burada;

Ek: AT diz gerilim seviyesi

K<sub>td</sub>: Transient boyutlandırma faktörü

I<sub>a</sub>: Arıza akımı

I<sub>p</sub>: Akım transformatorü primer akımı

R<sub>at</sub>: Akım trafosu direnci

R<sub>yük</sub>: Yük direnci

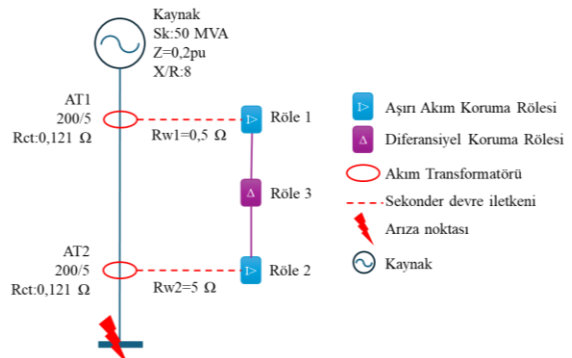
İç arızalar (seçici bölge içindeki arızalar) doğru ve hızlı bir şekilde temizlenmelidir, bu nedenle transient boyutlandırma faktörü en az 0,5'ten büyük olmalıdır.

Dış arızalar için, arıza diğer koruma röleleri tarafından giderilene kadar diferansiyel koruma tetiklenmemelidir. Gerekli transient boyutlandırma faktörü K<sub>td</sub> en az 3'ten büyük olmalıdır.

## VI. AKIM TRANSFORMATÖRLERİNİN GEÇİCİ REJİM ANALİZİ

Bu bölümde bir akım transformatorünün PSCAD geçici rejim analiz programı ile performansının koruma röleleri üzerindeki etkisi simüle edilmiştir. Akım transformatorünün doğru boyutlandırılmaması, kullanılan koruma fonksiyonuna bağlı olarak tümüyle yanlış veya kısmen yanlış operasyonların gerçekleşmesine neden olabilir.

Şekil 2'de verilen şebeke ve akım transformatorleri ile akım transformatorünün sekonder devresinde bağlı bulunan yüklerin ve sistemin X/R oranının koruma fonksiyonları üzerindeki etkisi incelenmiştir.



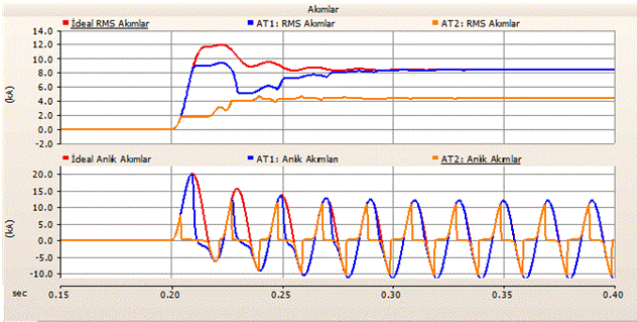
Şekil 2. Geçici rejim analizleri için kullanılan şebeke ve akım transformatorleri

Şekil 2’de görülen şebekede, “AT1” ve “AT2” olarak iki özdeş akım transformatörü bulunmakta ve bu akım transformatörlerine “Röle1” ve “Röle2” olarak isimlendirilen aşırı akım koruma röleleri ve “Röle3” olarak isimlendirilen diferansiyel koruma rölesi bağlanmaktadır.

Öncelikle akım transformatörünün sekonder devrede bulunan toplam empedansın koruma fonksiyonlarına ve akım transformatörünün hata oranı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

Her iki akım transformatörünün arasındaki temel fark “ $R_w$ ” sekonder devre empedansı olarak bulunmaktadır. Sekonder devre empedansı, akım transformatörlerinin daha erken doyması veya daha geç doyması üzerinde etkisi vardır. Sekonder devre empedansı ileten ve bağlanan cihazların empedanslarının toplamından oluşmaktadır ve arttıkça akım transformatörünü daha erken doymasına neden olmaktadır.

Şekil 3’te verilen grafikte,  $R_{wAT1}=0,5\Omega$  ve  $R_{wAT2}=5\Omega$  iki farklı sekonder devre empedansı için akım transformatörlerinin ölçme performansları ideal akım değeri ile karşılaştırılmıştır. Bu grafikte, üzerlerinden ideal şartlarda sürekli 8,36 kA RMS kısa devre akımı akan AT1 ve AT2 akım transformatörlerinin sırası ile 8,35 kA ve 4,38 kA olarak ölçtüğü görülebilir. Akım transformatörleri arasındaki bu ölçüm farkı sekonder devre empedanslarındaki farktan kaynaklanmaktadır ve yüksek sekonder devre empedansı olan akım transformatörü daha düşük seviyede doymuştur.  $R_{wAT1}=0,5\Omega$  sekonder devre empedansına sahip AT1 akım transformatörü neredeyse ideal bir ölçüm yaparken,  $R_{wAT2}=5\Omega$  sekonder devre empedansına sahip AT2 akım transformatörü neredeyse %50 hatalı ölçüm yapmaktadır.



Şekil 3. Farklı  $R_w$  sekonder devre empedanslarına sahip akım transformatörü akımları ve ideal akım ( $R_{wAT1}=0,5\Omega$ ,  $R_{wAT2}=5\Omega$ )

AT1 ve AT2 tarafından ölçülen bu akımlar, eşit ayarlara sahip iki aşırı akım rölesi tarafından kullanılması durumunda ise, rölelerin açma süreleri Şekil 4’de verilmiştir. Aynı arıza akımını ölçmeleri gereken bu iki röle, bağlı oldukları akım transformatörlerinin hatalı ölçmesi nedeniyle yanlış veya geç açma yapabilirler.

Örneğin bu analizde, Röle 1 olarak isimlendirilen röle daha doğru ölçüm yapan AT1 akım transformatörüne bağlı iken, Röle 2 olarak isimlendirilen röle daha yanlış ölçüm yapan AT2 akım transformatörüne bağlıdır. Her iki röle de eşit koruma ayarlarına sahip olmasına rağmen, AT2 akım transformatörünün hatalı ölçümü nedeniyle Röle 2, Röle 1’e

göre yaklaşık 225 ms daha geç açmaktadır. Bu gecikme veya hata koordineli şekilde çalışması gereken koruma rölelerinin işlevini yitirmesine neden olabilir.

Şekil 4’te ideal akım ölçümü yapan bir röle ile Röle 1 arasındaki küçük zaman farkını dikkate aldığımızda, AT1 akım transformatörü özelliklerinin aşırı akım koruma fonksiyonu için yeterli olduğu söylenebilir. Ancak diferansiyel gibi farklı koruma fonksiyonları çok daha doğru akım ölçümleri gerektirebilir.



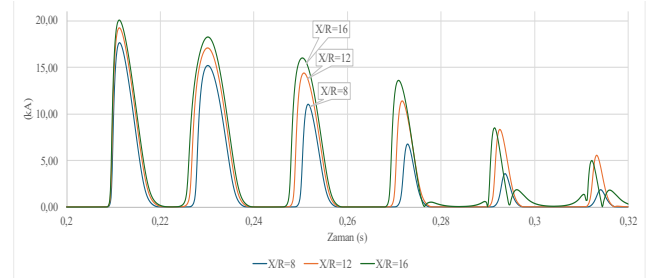
Şekil 4. Farklı  $R_w$  sekonder devre empedanslarına sahip akım transformatörü akımlarının aşırı akım koruma fonksiyonu açma süreleri üzerindeki etkisi ( $R_{wAT1}=0,5\Omega$ ,  $R_{wAT2}=5\Omega$ )

Şekil 3’te verilen grafikte, anlık akım ve RMS akım eğrilerine baktığımızda, AT1 akım transformatörünün arızanın başlangıcı sonrası birkaç periyotluk dönemde hatalı ölçüm yaptığı görülebilir. Bu birkaç periyotluk zaman dilimi, diferansiyel koruma gibi hızlı çalışan bir koruma fonksiyonunun hatalı çalışması için yeterli olabilir. Bu sebeple diferansiyel koruma için akım transformatörü seçiminin daha önemli olduğu söylenebilir.

Diferansiyel koruma için akım transformatörünün seçiminde diğer bir etken faktör ise “Ktd: Transient boyutlandırma faktörü”dür. Ktd, herhangi bir arıza esnasında, akımın ilk periyodundaki geçici darbe akımı seviyesinin akım transformatörü seçimine etkisini temsil etmektedir.

Geçici darbe akımı, sistemin “ $X/R$ ” oranı ile orantılıdır. Sistem “ $X/R$ ” oranı arttıkça geçici darbe akımı seviyesi artacaktır. Geçici darbe akımı arttıkça da, akım transformatörünün bu geçici akımı ölçebilmesi için gereksinimleri de artacaktır. Bu sebeple akım transformatörü seçiminde “Ktd: Transient boyutlandırma faktörü” dikkate alınır.

Şekil 5’te, sistem “ $X/R$ ” oranının, yukarıda verilen AT1 akım transformatörünün ölçümü üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Bu şekilde, Sistemin “ $X/R$ ” oranı arttıkça, AT1 akım transformatörünün ölçme hatasının arttığı görülebilir.



Şekil 5. Farklı  $X/R$  oranları için AT1 ve ideal akım ölçümü arasındaki akım farkı

## VII. SONUÇLAR

Bu makalede, IEC standartlarına göre akım ve gerilim ölçme transformatörlerinin doğru seçimi hakkında bir inceleme ve simülasyonlar sunulmuştur. Geleneksel akım ve gerilim ölçme transformatörlerinin çalışma prensipleri, manyetik devre ve temel bileşenler ele alınmıştır.

IEC 61869 standardı, ölçü transformatörlerinin farklı doğruluk sınıflarını ve koruma fonksiyonlarına göre gereksinimlerini belirlemektedir. Bu doğruluk sınıfları, ölçme ve koruma fonksiyonları için farklı gereksinimleri karşılamaktadır. Akım ve gerilim transformatörlerinin doğru seçimi, uygulanacakları ortama ve fonksiyonlarına bağlı olarak önemlidir.

Akım transformatörlerinin seçiminde, anma yalıtım seviyesi, anma primer akımı, anma sekonder akımı ve sürekli termik anma akımı gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Ayrıca, çekirdek sayısı, güç ve doğruluk sınıfı gibi önemli unsurlar da seçim sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Öte yandan, gerilim transformatörlerinin seçiminde, anma yalıtım seviyesi, anma primer gerilim ve sekonder gerilim gibi faktörler belirleyicidir. Doğruluk sınıfı ve koruma sınıfı da gerilim transformatörlerinin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Simülasyonlar ile, akım transformatörü seçiminde, sekonder devre yükünün, sistem "X/R" oranının akım transformatörü performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sekonder devre yükü arttıkça, akım transformatörünün daha erken doyuma ulaştığı simülasyon ile de gösterilmiştir. Benzer şekilde, sistem "X/R" oranının özellikle diferansiyel koruma röleleri için kullanılacak akım transformatörlerinin seçiminde önemli olduğu analiz edilerek tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, akım ve gerilim ölçme transformatörlerinin doğru seçimi, elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımında güvenilirlik ve verimlilik sağlamak için hayati öneme sahiptir. IEC standartlarına uygun olarak yapılan seçimler, elektrik sistemlerinin güvenliğini ve performansını artırabilir ve uygun koruma sağlayabilir. Bu nedenle, endüstrideki profesyonellerin bu standartlara uygun olarak transformatör seçimini yapmaları kritik öneme sahiptir.

## KAYNAKÇA

[1] K. Draxler and R. Styblikova, "Influence of Instrument Transformers on Quality of Electrical Power and Energy Measurement," in 2007 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, IEEE, Jun. 2007, pp. 1317–1321. doi: 10.1109/ISIE.2007.4374790.

[2] P. Bertrand, M. Mendik, T. Hazel, and P. Tantin, "Ct saturation calculations - Are they applicable in the modern world? - Part iv: Ct sizing as per iec standards and the benefits of non conventional instrument transformers," in 2009 Record of Conference Papers - Industry Applications Society 56th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, PCIC 2009, 2009. doi: 10.1109/PCICON.2009.5297165.

[3] GE Digital Energy - ITI, "Instrument Transformer Basic Technical Information and Application."

[4] IEC, "IEC 61869-2 Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers," 2012.

[5] IEC, "IEC 61869-1:2023 Instrument transformers - Part 1: General requirements," 2023.

[6] IEC TC 38, "IEC 61869-3:2011 Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers," 2011, International Electrotechnical Commission.

[7] Madhwi Joshi, "Specification & Selection of Instrument Transformer."

[8] TC 38 - Instrument Transformers, "IEC TR 61869-100:2017 Instrument transformers - Part 100: Guidance for application of current transformers in power system protection," 2017, IEC.

# THE PERFORMANCE ANALYSIS OF YOLOV8 MODELS FOR LANDSLIDE DETECTION FROM SATELLITE IMAGES

Mustafa KAYGUSUZ<sup>1</sup>, Alev MUTLU<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Engineering, Kocaeli University, Kocaeli, 41001, Türkiye, **ORCID:** 0009-0004-6623-5045

<sup>2</sup> Department of Computer Engineering, Kocaeli University, Kocaeli, 41001, Türkiye, **ORCID:** 0000-0003-0547-0653

## Article Info

### Oral Presentation

### Keywords

*Deep learning*  
*Landslide detection*  
*Satellite image*  
*YOLOv8*

## Abstract

Landslides are natural hazards that result in great economic loss and mortalities. Accurate detection and identification of landslides is important for hazard management. In this study, we evaluate the performance of YOLOv8 models for landslide detection from satellite images. To this aim we used a benchmark landslide dataset that contains 1848 satellite images of landslide occurred in Bijei, Guizhou, China. The models are trained using 1617 images, validated on 154 and images and tested on 77 images. YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l, and YOLOv8x achieved, respectively, 0.96, 0.99, 0.93, 0.93, 0.97 accuracy. The highest mAP50 and mAP50-95 scores were achieved by YOLOv8s, respectively, 0.944 and 0.620. We also statistically analyzed the IoU scores of the models using Friedman test and Nemenyi test. The  $p$ -value associated with the test was 0.887 indicating that the models did not statistically differ by means of IoU scores. Nemenyi test results showed that YOLOv8s had the smallest average rank and YOLOv8m had the largest average rank, where a smaller rank indicates a better performance. Within the limitations of this study, we can conclude that YOLOv8 models achieved state-of-the-art performance for landslide detection in satellite images. Compared to other YOLOv8 models, YOLOv8s achieved the highest performance scores. The results indicate that with a YOLOv8-based model can be used in hazard management systems.

\*Corresponding Author E-mail :alev.mutlu@kocaeli.edu.tr

## I. INTRODUCTION

Landslides are defined as the movement of mass of rock, earth, or debris down a slope. They are generally triggered by rain or earthquakes and result in great economic loss and mortalities [1]. Although landslide susceptibility mapping tools help authorities to predict the likelihood of future landslides, it is crucial for them to identify and locate landslides once they occur. There are three main methods to locate landslides. The first one is based on field surveys, the second one is based on processing remote sensing images with traditional image processing and machine learning techniques, and the last one is based on deep learning models. The first method is labor intensive and is reported to be inefficient [2]. The second approach requires defining features and extracting them from remote sensing images that can be used to build classification models that distinguish landslide areas from non-slide areas [3]. The third approach is considered state-of-the-art as deep learning-based landslide detection and localization is more accurate [3].

In recent years, deep learning-based approaches have extensively been used in landslide detection [4, 5, 6]. Deep learning-based approaches for landslide detection leverage deep learning-based object detection algorithms to landslide imagery. Deep learning-based image detection algorithms are classified as two stage detectors and one stage. In the former, one model is used to extract image regions, and a second model is used to classify the objects and refine their location. R-CNN, FPN, Mask R-CNN, Faster CNN are examples of two stage object detectors. In the latter approach, object boundaries and labels are predicted in a single pass. YOLO, Overfeat, and SSD are some of the one stage detectors.

In this study, we focus on landslide detection from remote sensing images and evaluate the performance of YOLOv8

models. YOLO is a state-of-the-art object detection system that identifies and localizes objects in images or video streams. Unlike traditional object detection algorithms that employ sliding window techniques and region proposal networks, YOLO formulates the object detection problem as a single regression problem. This allows the model to predict bounding boxes and class probabilities directly from full images in a single evaluation [7]. YOLO uses a single convolutional neural network (CNN) that processes the entire image in one pass. This enables YOLO to process images in high speed frames and makes it suitable for real-time object detection. YOLO is first introduced in 2016 and since then several YOLO versions are introduced. YOLOv8 is a recent version of YOLO introduced in 2023. It comes in five variants: nano (n), small (s), medium (m), large (l), and extra-large (x), each capable of performing object detection (pre-trained on the COCO detection dataset), instance segmentation (pre-trained on the COCO segmentation dataset), and image classification (pre-trained on the ImageNet dataset). Compared to earlier YOLO versions, YOLOv8 implements a new backbone network with kernel size 3x3, anchor-free detection, and introduces a new loss function called distribution focal loss.

YOLO has extensively been used for landslide detection. [3] introduces a small attentional YOLO model built on YOLOv4 called YOLO-SA for landslide detection from satellite remote sensing images. The study compares the performance of YOLO-SA against 11 object detection models. The proposed method is evaluated on 1818 images and 90.65 F1 score is reported. [8] compares the performance of YOLOv5, YOLOv6, YOLOv7, and YOLOv8 on satellite and unmanned aerial vehicle (UAV) images. The study cites YOLOv7 as the best model for satellite images and YOLOv5 as the best model for UAV-based images. In [10], the



performance of modified YOLOX model called YOLOX-Pro is compared against YOLOX, YOLOv5, Faster R-CNN and SDD. The comparison is made on 1200 images that contained small landslides. The authors reported that YOLOX-Pro achieved a superior performance over the other models. In [10] the performance of YOLOv3 and Mask R-CNN are compared for identification of loess landslides. Experiments are performed on a dataset of 6111 Google Earth images and Mask R-CNN demonstrated better performance compared to YOLOv3. [11] proposes a method that combines YOLOv4 and U-Net to detect small landslides with complex backgrounds. The proposed method is compared against YOLOv4 and U-Net and the combined method is reported to achieve better results. In [12], landslide detection performance of YOLOv8 and YOLOv5 are evaluated on UAV image dataset obtained from mining areas. In [13], the performance of YOLOv8 is compared to Mask-RCNN, YOLOv5, YOLOv7, YOLOv8, and YOLOv9 on multi-source fusion data such as Digital Elevation Model (DEM) data and Synthetic Aperture Radar (SAR) data.

In this study, we evaluated the performance of YOLOv8 models, namely YOLOv8l, YOLOv8m, YOLOv8n, YOLOv8ns and YOLOv8x, on noisy landslides images. To this aim, we performed experiments on a benchmark dataset, namely Beijing<sup>1</sup> of 1848 images. The experimental results showed that YOLOv8s achieved the best performance in terms of recall, mAP@50, and mAP@50-95; and YOLOv8x in precision. However, statistical analysis of intersection over union (IOU) scores showed no statistical significance among the YOLOv8 models.

The rest of the paper is organized as follows: in section II we introduce the dataset and the evaluation metrics. In section III, we report the findings. The last section concludes the paper.

## II. MATERIALS AND METHODS

### A. Dataset

The data set consists of the images of landslides occurred in Bijie city of Guizhou province of China. The study area covers approximately 26.853 km<sup>2</sup>, and is located in the transitional slope zone from the Tibet Plateau with altitudes ranging from 457m to 2900m. The landslide occurrences are shown in Fig. 1.

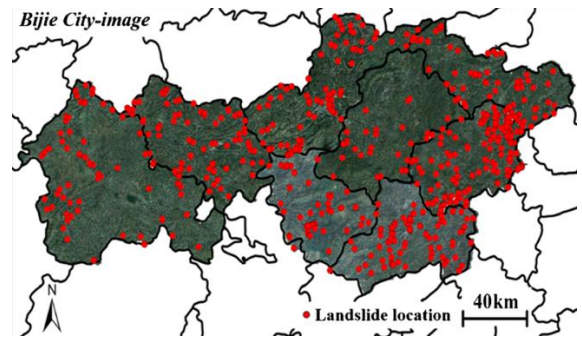


Figure 1. The Study area

The dataset consists of 1848 images. 770 of these images are original and the remaining 1078 are augmented with salt and pepper. In Fig. 2 we show some samples of the images.



Figure 2. Sample dataset images

1617 images are used for training, 154 images are used for validation, and 77 images are used for test. Training and validation image sets include augmented images as well as the original images while the test set consists of only original images.

### B. Evaluation Metrics

The performance of YOLOv8 models is quantitatively evaluated using precision, recall, mAP@50, and mAP50-95.

- Precision quantifies the proportion of true positives among all positive predictions.

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

- Recall calculates the proportion of true positives among all actual positives.

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

- mAP@50: Mean average precision at an intersection over union (IoU) threshold of 0.50
- mAP@50-95: The average of the mean average precision calculated at varying IoU thresholds, ranging from 0.50 to 0.95

IoU is a measure that quantifies the overlap between a predicted bounding box and a ground truth bounding box.

## III. RESULTS

In Table 1, we report the precision, recall, mAP@50, and mAP50-95 scores of YOLOv8 models. As the results indicate the highest mAP50, and mAP50-95 scores are obtained by

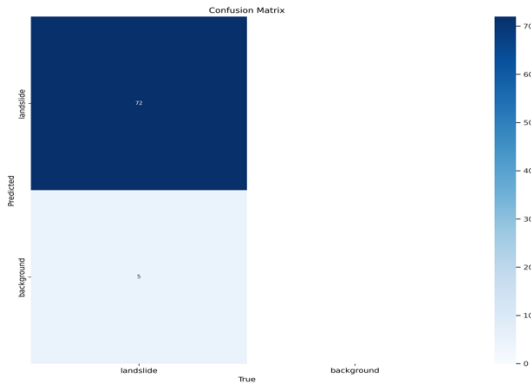
<sup>1</sup> <https://universe.roboflow.com/pengfei-xie/guizhou>

YOLOv8s. YOLOv8x achieved the highest precision score. Both YOLOv8s and YOLOv8x achieved the same highest score for recall.

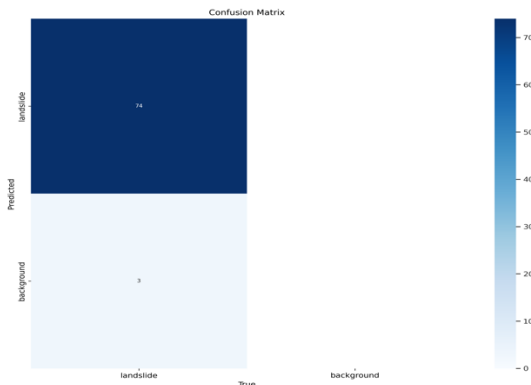
Table 1 Results

	Precision	Recall	mAP@50	mAP50-95
YOLOv8l	<b>0.946</b>	<b>0.917</b>	<b>0.933</b>	<b>0.569</b>
YOLOv8m	<b>0.945</b>	0.935	<b>0.934</b>	<b>0.587</b>
YOLOv8n	<b>0.922</b>	<b>0.922</b>	<b>0.896</b>	<b>0.559</b>
YOLOv8s	<b>0.945</b>	0.935	0.944	0.620
YOLOv8x	0.952	0.935	<b>0.943</b>	<b>0.583</b>

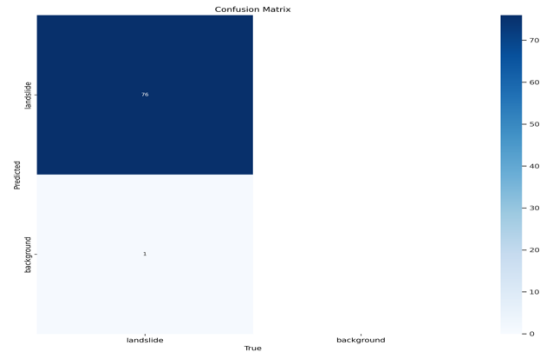
Figure 3 shows the confusion matrices of the models. As the results indicate YOLOv8l and YOLOv8m missed to detect 5 landslides, YOLOv8n 3 landslides, YOLOv8x 2 landslides and YOLOv8s 1 landslide.



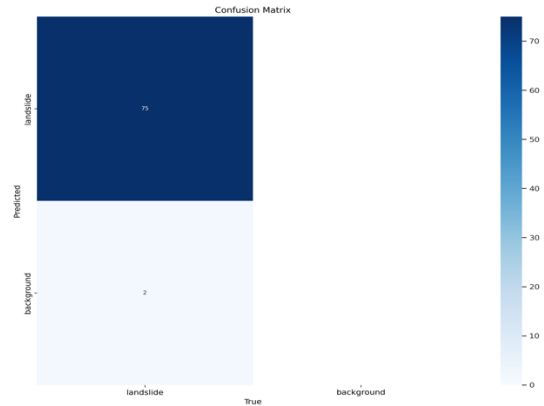
(a): YOLOv8l and YOLOv8m



(b): YOLOv8n



(c) YOLOv8s



(d) YOLOv8x

Figure 3. Confusion Matrices

To further analyze the results, we performed Friedman test and Nemenyi test on IoU scores of the models. Friedman test is a non-parametric test to investigate whether three or more repeated measures differ from each other. Although Friedman test tells whether some measurements differ from the others, it does not tell the which ones. To find out the differing measurements, we employed Nemenyi test. It is a post hoc test intended to find the groups of data that differ after a global statistical test has rejected the null hypothesis that the performance of the comparisons on the groups of data is similar.

Friedman test calculated  $p$ -value = 0.887 which indicates that the methods do not statistically differ. Nevertheless, we performed Nemenyi test on IoU scores of the models to find out their rankings. Fig. 4 illustrates the Nemenyi test results. In the illustration of Nemenyi test, models are placed on the x-axis indicating their order. The models that do not statistically differ are connected via a straight line. As Fig. 4 illustrates YOLOv8s ranks first and YOLOv8m ranks the least.

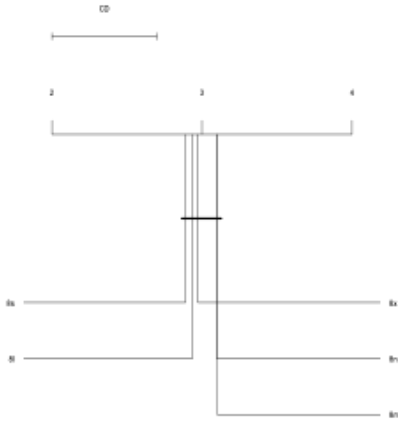


Figure 4.6 Nemenyi test result

Finally in Fig. 5 we provide some qualitative results where the blue boxes are the bounding boxes labeled with a confidence score.



#### IV. CONCLUSION

In this study we experimentally investigated five YOLOv8 models' landslide detection performance on noisy dataset. Within the limitation of this study, the experimental results indicated that YOLOv8s models achieved the best performance. The results obtained in this study comply with the results reported in the literature and suggest that YOLOv8 can be used to detect landslides from satellite images to aid authorities in planning rescue operations once they occur. As a future work, we plan to extend the work by image pre-processing techniques to obtain better results.

#### REFERENCES

- [1] O. Petrucci, Landslide fatality occurrence: a systematic review of research published between January 2010 and March 2022, *Sustainability* 14 (15) (2022) 9346.
- [2] M. Galli, F. Ardizzone, M. Cardinali, F. Guzzetti, P. Reichenbach, Comparing landslide inventory maps, *Geomorphology* 94 (3-4) (2008) 268–289.
- [3] L. Cheng, J. Li, P. Duan, M. Wang, A small attentional yolo model for

landslide detection from satellite remote sensing images, *Landslides* 18 (8) (2021) 2751–2765

- [4] O. Ghorbanzadeh, H. Shahabi, A. Crivellari, S. Homayouni, T. Blaschke, P. Ghamisi, Landslide detection using deep learning and object-based image analysis, *Landslides* 19 (4) (2022) 929–939.
- [5] S. L. Ullo, A. Mohan, A. Sebastianelli, S. E. Ahamed, B. Kumar, R. Dwivedi, G. R. Sinha, A new mask r-cnn-based method for improved landslide detection, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 14 (2021) 3799–381
- [6] H. Qin, J. Wang, X. Mao, Z. Zhao, X. Gao, W. Lu, An improved faster r-cnn method for landslide detection in remote sensing images, *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* 8 (1) (2024)
- [7] J. Redmon, You only look once: Unified, real-time object detection, in: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2016.
- [8] N. Chandra, H. Vaidya, Automated detection of landslide events from multi-source remote sensing imagery: Performance evaluation and analysis of yolo algorithms, *Journal of Earth System Science* 133 (3) (2024) 127.
- [9] H. Hou, M. Chen, Y. Tie, W. Li, A universal landslide detection method in optical remote sensing images based on improved yolox, *Remote Sensing* 14 (19) (2022) 4939.
- [10] Y. Ju, Q. Xu, S. Jin, W. Li, Y. Su, X. Dong, Q. Guo, Loess landslide detection using object detection algorithms in northwest China, *Remote Sensing* 14 (5) (2022) 1182
- [11] H. Wang, J. Liu, S. Zeng, K. Xiao, D. Yang, G. Yao, R. Yang, A novel landslide identification method for multi-scale and complex background region based on multi-model fusion: Yolo+ u-net, *Landslides* 21 (4) (2024) 901–917.
- [12] X. Lian, Y. Li, X. Wang, L. Shi, C. Xue, Research on identification and location of mining landslide in mining area based on improved yolo algorithm, *Drones* 8 (4) (2024) 150
- [13] X. Chen, C. Liu, S. Wang, X. Deng, Lsi-yolov8: An improved rapid and high accuracy landslide identification model based on yolov8 from remote sensing images, *IEEE Access*

# THE ROLE OF AGILE AND DEVOPS APPLICATIONS IN ACCELERATING SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESSES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

İrem İÇYER<sup>1</sup>, Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> *Software Development, Mubitek Tasarım Bilişim AR-GE, Bursa, 16000, TURKEY, ORCID: 0009-0006-4808-1681*

<sup>2</sup> *Department, Mubitek Tasarım Bilişim AR-GE, Bursa, 16000, TURKEY, ORCID: 0000-0003-2525-8465*

Article Info	Abstract
<b>Oral / Poster Presentation</b>	This article examines the contributions of agile and DevOps methodologies to automotive software development processes. Agile software development is a management attitude that goals to continuously enhance by dividing the project into stages. On the other hand, DevOps enables faster and more efficient software development processes than traditional software development and infrastructure management, enabling speedy delivery of applications and services.
<b>Keywords</b>	The significant roles of popular methodologies such as agile and DevOps are explained in detail within the scope of the Software Development Life Cycle (SDLC). In the automotive industry, software features have become one of the most leading and highlighted aspects of vehicles. This study analyzes how agile and DevOps practices are used and the benefits they provide in the development of vehicle safety, navigation and autopilot software.
<i>Agile</i> <i>DevOps</i> <i>SDLC</i> <i>Software</i> <i>Automotive</i>	As a consequence, the importance of choosing and applying the correct methodologies in automotive software development processes is highlighted both theoretically and practically. The advantages of agile and DevOps in software development processes are highlighted and directions for future research are indicated.

\* Corresponding Author E-mail : [irem.icyer@mubitek.com](mailto:irem.icyer@mubitek.com)

## I. INTRODUCTION

The automotive industry is a quickly evolving and increasingly competitive sector. To achieve success in this industry, it is crucial to bring products to market as quickly as possible, meet customer expectations, and ensure high flexibility in product development processes. The role of software technologies in the automotive industry has grown significantly, particularly through the development of software that directly impacts the safety, performance, and functionality of vehicles. With the rise of electric and autonomous vehicles, software development processes have become one of the key components of this sector.

The methodologies employed in software development play a critical role in the success of projects. Traditional software development methods have disadvantages such as long delivery times and an inability to respond quickly to changing customer demands. In contrast, modern approaches such as Agile and DevOps weed out these disadvantages by accelerating software development processes and making them more supple. The Agile methodology goals to quickly deliver interim software releases by continuously gathering customer feedback throughout the development process. This enables quicker responses to customer needs and enhances the overall quality of the software. DevOps, on the other hand, fosters closer collaboration between development and operations teams, automating software development and deployment processes, and enabling continuous integration, delivery, and deployment.

The software usulaly used in the automotive sector spans a wide range, from engine control systems to safety and driver assistance systems. Selecting the correct methodology for the development of these software applications is critical for their

performance and reliability. The adoption of Agile and DevOps practices in automotive software development processes provides important advantages to companies. These methodologies not only accelerate development processes but also minimize errors and improve the overall quality of the software.

This article provides an in detail examination of the software applications used in the automotive sector and the software development methodologies that should be favored for their development. It discusses the contributions of modern methodologies such as Agile and DevOps to the software development process, their role in improving performance, and their importance in ensuring the success of projects. Additionally, the effects of adopting these methodologies on project management processes and the efficient delivery of the final product are also analyzed.

## II. LITERATURE REVIEW

In her work titled "Risk Analysis in Agile Software Testing Processes" (2023), Pamuk Candan highlights that attainment project goals in software project management processes are possible through the accurate planning of engineering activities, taking into account important factors such as time, cost, and quality. The author states that the software development process requires the creation of a plan that outlines how the software will be developed, designed, improved, and maintained. Software development processes follow a structure where the outputs of each phase serve as inputs for the subsequent phase. These phases are implemented through software development models, which allow complex and large projects to be organized by breaking them down into smaller parts. Consequently, these models enable the delivery of higher-quality and more reliable



products to customers. Pamuk Candan highlights the importance of the Agile software development model, particularly due to its ability to deliver high-quality software products rapidly, its customer-focused approach, emphasis on extensive documentation, and focus on continuous change [1].

In his work titled "DevOps Automation and Agile Methodology" (2017), Mohammad S. highlights the contributions of using the DevOps methodology alongside the Agile software development methods, rather than traditional methods, in the development of software products that meet customer needs. The Agile methodology offers a project management strategy centred on pliability in customer requirements, enabling the development of functions tailor-made to these needs. When applied together with DevOps, it facilitates the integration of continuous integration and continuous deployment processes into the project development lifecycle [2].

In her study titled "The Effects of the Agile Manufacturing Approach on Business Performance - An Analysis of the Automotive Industry" (2022), Akpınarlı S. examines the influence of agility capabilities on the business performance of companies in the automotive sector, emphasizing the importance of the Agile methodology. Agility is a pivotal factor for business performance, particularly in large-scale projects, as it enables companies to respond quickly to customer demands and adapt more rapidly to changes. This has led firms to focus more on agile methods [3].

In his article titled "Adaptation and Implementation of DevOps Processes in Large-Scale Applications" (2020), Arifoğlu Ö.F. discusses the transition of organizations from traditional project development models to DevOps in response to evolving technologies and emerging new requirements. The author emphasizes that systems developed using outdated project development methods, along with the cultural structure surrounding these systems, constitute an important portion of the software development process. Moreover, problems such as the unclear contact of customer demands often lead to changes in project deadlines, making projects more challenging and costly. The primary reason traditional software development models lead to such problems is the hierarchical control structure's inability to meet the demands of modern software development. Consequently, the flexibility of the Agile methodology and its capacity to minimize error rates have become crucial in software development processes. Furthermore, the article stresses that DevOps, a methodology used for managing projects in a disciplined manner and for defining the teams involved in a project, should be integrated into the project lifecycle alongside the Agile method [4].

In her study titled "Recent Agile Requirement Engineering Practices in IT Projects: A Case Analysis" (2019), Özdenizci Köse, B. highlights the important role of Agile software development in creating high-quality and efficient software products. The writer notes that Agile methodologies offer more flexible methods geared at accelerating the software development lifecycle, in contrast to stiff and traditional

software development methods, and that these approaches are becoming increasingly popular [5].

In their article titled "Exploring the Benefits of Combining DevOps and Agile" (2022), Almeida F. and colleagues emphasize the importance of adopting Agile and DevOps approaches together in managing complex processes related to customer requirements and requests, particularly in shortening time to market and creating shorter software delivery cycles through process integration. The software development process involves tasks that must be carried out to deliver a high quality product. Software methodologies refer to a set of activities that assist in the production process of software, culminating in a product that demonstrates how the development process is conducted. In this context, Agile methodologies provide ascendancy in overcoming challenges and drawbacks in project management and implementation when compared to traditional methodologies [6].

### III. SOFTWARE APPLICATIONS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

#### A. Automotive Industry and Software

Automotive software plays a critical role in the functionality, safety, and performance of motor vehicles. These systems include various control and support mechanisms that enable vehicles to operate at higher performance levels. In modern vehicles, automotive software is employed across multiple domains, including engine and transmission control, safety systems, driver assistance systems, telematics, and infotainment systems.

**Engine Control Software:** This software regulates the air fuel mixture and controls firing timing to optimize fuel efficiency.

**Transmission Control Software:** It manages gear shifts and ensures optimum power distribution, enhancing vehicle performance.

**Safety System Software:** This software oversees the vehicle's safety systems, activating safety measures such as airbags to protect drivers and passengers, and managing locking mechanisms. According to data from the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), the safety software used in modern vehicles has reduced fatality ratios by more than 56% since 1950.

**Driver Assistance System Software:** Features such as cruise control, lane departure warnings, and blind spot monitoring provide a safer driving experience. Studies conducted on over 11 million vehicles indicate that cars fitted out with driver assistance systems reduce the risk of accidents and woundings by 27% compared to those without these systems.

**Telematics Software Systems:** These systems enable remote communication between vehicles and manufacturers or service providers. They activate features such as software updates and remote connections, herefore optimizing vehicle performance and safety.

**Infotainment Software Systems:** These systems facilitate the operation of audio, video, and other media players, providing users with diverse entertainment services while driving.

**Infotainment Software Systems:** These systems enable the operation of audio, video, and other media players, as well as the vehicle's entertainment systems, providing users with diverse amusement services during driving.

### B. Software development Life Cycle

All product development processes consist of specific stages. In this regard, just as certain steps must be taken to develop a vehicle, it is also fundamental for the software to be integrated into the vehicle to undergo defined phases. The development process of a software product begins with the identification of the need for that product. While debates continue on how these needs can be met, appropriate resources for the proposed solutions are identified. Subsequently, alternative systems to the software product are evaluated, new features are added to the existing system, and the installation phase of the software is carried out [7].

The fundamental steps of the software development process can be described as follows:

**Planning:** Understanding customer requirements, creating process flowcharts aligned with these necessities, and conducting project planning.

**Requirement Specification:** Through requirement analysis, the resources to be used in the software development process are identified, and feasibility studies are performed.

**Design / Product Development:** Focusing on software architecture, the process of achieving a prototype product is performed.

**Testing:** Identified errors are detected and communicated to the development team for rectification.

**Deployment:** The product that has successfully passed the testing stage and received approval is prepared for distribution and made available for use [8].

### C. Agile Methodology

The foundations of the Agile software development method were laid by software development endeavours conducted by IBM in 1957. These efforts were termed “incremental software development” by E.A.Edmons, forming the basis of today’s Agile software development methods. In 1974, the concept of Agile software development was introduced into academic literature with the publication of the article titled “Software Development for Adaptable Systems.”

In the 1990s, traditional project management systems were deemed inadequate for software projects, and the need for faster software development approaches was advocated. In this context, following discussions held by leading software experts in 2001, the principles of Agile software development were constituted, forming the foundation of various project

management methods aimed at increasing the success rate of software projects [10].

Agile project management offers an effective solution, especially in managing complex projects. The primary goal of project management is to achieve the project’s objectives within certain parameters, such as scope, time and budget. Agile methodologies emphasize interacts over processes, detailed documentation, customer collaboration, and the ability to quickly respond to changes in the established plan. In thia regard, twelve fundamental principles og Agile software development has been adapted [9].

#### 1) Basic Principles of Agile Methodology

The basic principles of Agile software development methodology include key processes such as enhancing customer contentment through the rapid and continuous delivery of software, adapting to changes with minimal delay, and regularly delivering interim releases. Effective communication between stakeholders and developers, the creation of a supportive work environment, maintaining direct communication, and achieving a working prototype are prominent features of the Agile methodology. In addition, maintaining a steady development pace, attention to design and detail, adherence to the principle of simplicity, fostering self-organizing teams, and developing effective problem-solving abilities within the project are critical to the success of this methodology.

The principles outlined below enable the accurate gathering of customer needs and expectations at the initial stages of the software development process and ensure continuous communication with the customer. As a consequence, fast responses to changing customer demands are provided at each stage of the project, delivery times are shortened, error rates are reduced, and by ensuring the software product remains open to continuous innovation, a more efficient outcome is achieved [11], [12].

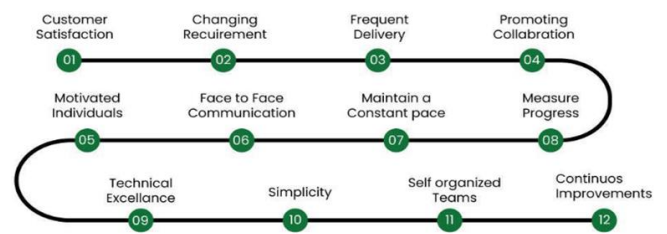


Figure 3. Agile Principles

#### 2) Benefits of Agile Software Development

The limitations encountered in large scale projects where Agile software development methods are applied have been examined, leading to the adoption of Agile methods over traditional software development methods. As the adoption rate of Agile methods by companies increases, firms aiming to enhance processes and products, technology companies that must stay updated with new technologies, and projects requiring the development of a prototype before reaching the

final outcome are provided with better control. Agile methods enable rapid feedback from stakeholders during the transition to new versions, the delivery of high efficiency products, risk reduction, and flexibility in processes [13].

Research conducted between 2015 and 2020 presents the benefits that the Agile approach has provided to companies in the table below, with percentage data.

Table 4. Percentage representation of the benefits provided to companies by the Agile approach over the years

Advantages of Agile Software Development	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Expediting product delivering	%59	%62	%69	%75	%74	%71
Ability to manage changing requests	%56	%56	%61	%64	%62	%63
Increasing productivity	%53	%55	%53	%55	%51	%51
Improving business and IT adjustment	%40	%44	%42	%49	%50	%47
Improving software quality	%46	%47	%43	%46	%43	%42
Reducing the risks that will exist in the project	%38	%40	%37	%37	%28	%37
Enhancement of the project	%40	%40	%43	%42	%42	%36
Increasing the motivation of the development team	%26	%29	%31	%28	%34	%31
Reducing project expenses	%23	%23	%18	%24	%41	%26
Development of engineering disciplines	%25	%24	%21	%25	%21	%23
Team Management	%20	%21	%20	%17	%19	%21
Enhancing the sustainability of the software	%22	%22	%18	%18	%23	%18
foreseeability of delay time	%44	%44	%30	%46	%43	%39

Source: [14]

Table 2 clearly summarizes the key differences between Agile and traditional (Waterfall) modeling methods. Agile modeling is based on short-term planning and features a structure in which the distance between the customer and the developer is minimized. This allows for rapid receipt of customer feedback and its quick integration into the project. Customization and realization processes occur more quickly in the Agile model, reducing the risk of project incompleteness. The Agile model stands out for its high adaptability to changes, offering significant advantages in projects with dynamic and continuously evolving requirements.

On the other hand, the traditional Waterfall model relies on long term planning and maintains a greater distance

between the customer and the developer. This can result in delays when incorporating customer feedback into the project. Customization and implementation processes take longer, increasing the risk of project incompleteness. The traditional model exhibits lower flexibility in adapting to changes, which can pose a disadvantage, especially in projects that require rapid adjustments.

Table 2. Differences between agile and traditional modeling

Measurement	Agile Modeling	Traditional Modeling (Waterfall)
Scale of planning	Short term	Long term
Distance between customer and developer	Short	Long
Time between customization and implementation	Short	Long
Risk of not completing the project	Low	High
Skills to adapt to changes	High	Low

Source: [15]

### 3) Popular Agile Software Development Frameworks

**Scrum:** In 1986, more flexible models were first suggested as an alternative to traditional software development models. The article titled *The New New Product Development Game* emphasized agile software development methodologies, with a particular focus on the Scrum framework. Scrum began to be used in software development processes in 1993, and has continued to evolve since. In 1995, the core principles of Scrum were elaborated upon and introduced to a broader audience [16].

Scrum is a framework for agile project management and is based on defining the practices and roles required in the software development process. It is regarded as a flexible methodology in which all agile principles are applied [17]. Scrum operates in periods called "sprints," which typically last between 2 to 4 weeks. The goal of each sprint is to deliver the final product to the customer as quickly as possible [17]. At the start of each sprint, the requirements, value, and costs outlined in the project plan are determined. By ensuring rapid feedback to customer needs, maintaining high-quality delivery at low cost without compromising product quality, and offering ease of implementation, Scrum has become one of the most preferred methodologies [17].

**Kanban:** Kanban is a method developed by Taiichi Ohno with the aim of improving Toyota's production efficiency and has been in use since 1953 [18]. Initially developed as a lean manufacturing method, Kanban has progressively become widely used in software development processes as well. As an agile software development method, Kanban has become a highly preferred approach for increasing efficiency and collaboration within software development teams [19].

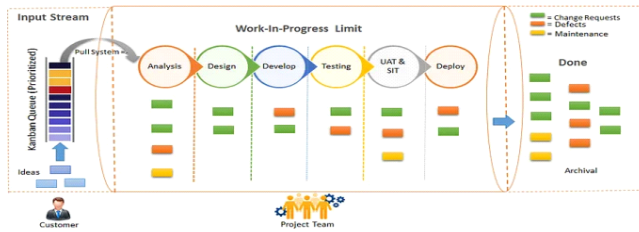


Figure 2. Kanban Methodology

Source: [20]

**DSDM:** The Dynamic Systems Development Method (DSDM) is one of the oldest agile software development methodologies, first introduced in 1995. After 2000, it became a commonly preferred methodology among software development teams, especially due to its increased emphasis on collaboration within teams [21].

DSDM offers an incremental approach in the development processes of software systems. It emerged as an extension of speedy Application Development (RAD) to be used in projects that need to be managed within fixed deadlines and budgets. This method aims to address challenges commonly encountered in software projects, such as time restraints, limited budgets, and inadequate communication between end users and developers [22].

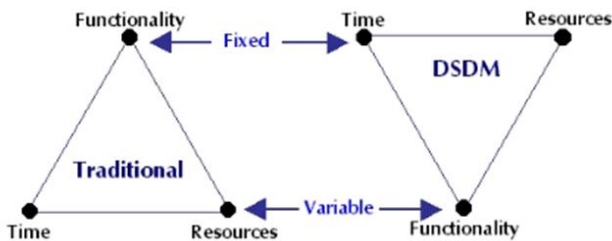


Figure 5. DSDM Methodology

Source: [20]

**Extreme Programming (XP):** Developed in 1996 by software engineer Kent Beck, Extreme Programming (XP) is one of the agile software development methods. This method goals to plan the development process, release incremental prototypes as progress is made, conduct frequent tests, and implement adjustments quickly based on these tests to ensure continuous integration [23].

As an agile software development methodology, Extreme Programming stands out for its skill to respond quickly to changing customer needs, similar to other agile approaches. It is designed to accommodate dynamic requirements and ensure that tests are conducted at every stage in accordance with international standards. XP aims to establish effective communication between end-users and developers, with the goal of improving product maintenance and increasing efficiency [24].

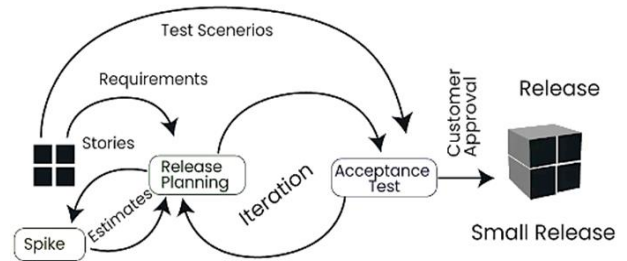


Figure 6. Extreme (XP) Methodology

Source: [25]

#### D. DevOps

**DevOps integrates technology and operations in the application planning, development, and delivery processes. This method facilitates collaboration and coordination by enabling different roles to work together in a structured manner. DevOps adopts goals such as ensuring security in developed applications, providing appropriate responses to customer needs, and achieving business goals faster [26].**

DevOps allows for the creation of more flexible systems with more efficient methods without completely breaking away from legacy systems [4]. With the introduction of the concept of DevOps, important practices such as continuous integration, continuous delivery, and continuous deployment have emerged. Continuous integration aims to quickly integrate tested code into the project; continuous delivery ensures that the software is reliable and usable; and continuous deployment focuses on the rapid implementation of updates [27].

DevOps increases collaboration between development and IT operations by automating software development processes, allowing teams to deliver software more quickly and reliably. DevOps practices focus on eight basic principles.

**Continuous Integration (CI):** Continuous Integration (CI) is a process in software development processes that allows developers to frequently merge their code into a main repository where it is automatically tested and verified. Each new piece of code undergoes automated testing to ensure compatibility with the existing code base. This process facilitates early detection of errors and contributes to the development of more reliable software. In critical industries such as automotive, continuous integration ensures that errors are quickly identified and resolved in a timely manner.

**Continuous Delivery/Deployment (CD):** Continuous Delivery and Deployment (CD) enables software to be automatically transferred to production or test environments after the software development phase without the need for manual intervention. This process ensures reliable software distribution and ensures that the product reaches end users more quickly. In the automotive industry, continuous deployment provides a significant advantage by facilitating the rapid integration of new software updates into vehicle systems.



**Automated Testing:** Automated testing, an important component of DevOps processes, is designed to detect errors at every stage of software development. With automated testing, performance evaluations of the software are performed. This allows the quality of the developed software to be improved and errors to be addressed before distribution. In automotive software, automated testing plays a vital role in ensuring critical factors such as security and performance.

**Containers & Orchestration:** Container technology enables software to be portable and to operate consistently across environments. Applications are run in isolated environments with containers, increasing system consistency. Containerization allows different software components to be developed and operated independently. In industries such as automotive, where high security and stability are crucial, these technologies greatly increase the reliability of systems.

**Cloud Services:** Cloud services provide a flexible and scalable infrastructure by optimizing cost and time management in software projects. They also play an important role in big data processing and analysis. In the automotive industry, cloud services are often used for vehicle data transmission and management of software updates via the cloud.

**Configuration Management:** Yapılandırma yönetimi, sunucuların ve altyapı bileşenlerinin verimliliğini sağlar. Otomotiv projelerinde, yapılandırma yönetimi, araç yazılımının belirli standartlara uygun şekilde çalışmasını sağlamada önemli bir rol oynar

**Continuous Monitoring and Log Management:** Continuous monitoring and log management allow for increased software performance and rapid identification of system errors. These applications monitor application performance and system security. In the automotive industry, they are critical for monitoring the proper operation of vehicle software systems and rapidly identifying security vulnerabilities.

**Communication and Collaboration Tools:** DevOps requires continuous collaboration between development and operations teams. In automotive software, cross-team collaboration plays a key role in the smooth development and deployment of complex software systems.

#### IV. APPLICATION AND EXPERIMENTAL STUDIES

The development of process and documentation management software for use in the automotive industry provides significant efficiency in terms of speed and efficiency through the integration of modern software engineering approaches. In this context, the web-based software called FlowDM offers a solution that focuses on fast and efficient software development processes using both DevOps practices and Agile methodology. Continuous Integration (CI) and Continuous Delivery (CD) processes were included during the development of the software. During the continuous integration phase, GitLab was used to regularly merge the developed code into the main repository and this integration was verified through automated tests.

During the continuous delivery phase, the software was automatically deployed to test and production environments via the Azure DevOps platform.

Additionally, container technologies were used in the development of FlowDM. Docker technology was used to ensure that the software runs in consistent and isolated environments across platforms. The software was planned to run on the Microsoft Azure platform and an integrated authentication system was implemented to meet the company's needs. This system allows users to log in securely and use the software according to the assigned permissions.

FlowDM facilitates documentation and process management, especially in the automotive sector, and aims to optimize business processes. The software is intended to be rapidly deployed to production by development teams working collaboratively within a DevOps culture. The project's logs are stored in Microsoft Azure to track user activities and system events, and this data is used for both security and performance analysis. As a result, continuous traceability and sustainability of the software are ensured.

#### V. CONCLUSION

The application of agile methodologies and DevOps practices in software development processes in the automotive industry offers significant advantages for companies in the sector. These methodologies provide the ability to respond quickly to changing customer demands, shorten delivery times, improve software quality, and offer flexibility in product development processes. Considering that the software used in the automotive industry covers a wide range of systems from engine control systems to security systems, telematics systems to driver assistance systems, it is critical that these software solutions are compatible with constantly evolving technology and changing needs.

Agile methodology plays an important role in automotive software development processes due to its customer-centric approach and ability to adapt quickly to changes. Continuous feedback from customers throughout the software development process speeds up the quality control phase and ensures that the software product is delivered with fewer errors. In addition, DevOps practices facilitate the integration of software development and operations processes, enabling rapid and reliable release of software through continuous integration and continuous delivery processes. As a result, companies can develop high-quality software products in shorter timeframes and gain competitive benefit.

Moreover, the combined use of agile and DevOps methods enhances efficiency at every stage of the software development process, contributing to the timely and cost-effective completion of projects. The adoption of these methodologies leads to a reduction in project failure rates, shorter delivery times, faster adaptation to changing customer demands, and improved software quality. In a highly competitive industry such as automotive, the implementation of these methodologies provides firms with a significant opportunity to remain competitive in a rapidly changing market and to offer innovative software solutions.

In conclusion, the adoption of agile and DevOps practices in automotive software development processes not only accelerates software development and reduces costs but also contributes considerably to enhancing customer satisfaction, improving software quality, and shortening time to-market. In the future, the broader approval of these methodologies will further increase the efficiency and success of software development processes in the automotive industry.

## REFERENCES

- [1] Pamuk Candan, I. (2023). Risk analysis study in agile software test processes (Master's thesis, Sakarya University).
- [2] Mohammad, S. M. (2017). DevOps automation and Agile methodology. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 5(1), 2320-2882.
- [3] Akpınarlı, S. (2022). The effects of the agile manufacturing approach on business performance - Automotive sector analysis. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, 5(2), 262-292.
- [4] Arifoğlu, Ö. F. (2020). Adaptation and implementation of DevOps processes in large-scale applications (Master's thesis, Sakarya University).
- [5] Köse, B. Ö. (2019). Recent agile requirement engineering practices in IT projects: A case analysis. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(4), 1776-1805.
- [6] Almeida, F., Simões, J., & Lopes, S. (2022). Exploring the benefits of combining DevOps and Agile. *Future Internet*, 14(2), 1-18.
- [7] Seker, S. E. (2014). Software development life cycle. *YBS Encyclopedia*, 1(2), 2-5.
- [8] Shylesh, S. (2017). A study of software development life cycle process models. *International Journal of Scientific Research and Review*, 7(6), 31-45.
- [9] Malik, R. S., Ahmad, S. S., & Hussain, M. T. H. (2019, March). A review of agile methodology in IT projects. In *Proceedings of 2nd International Conference on Advanced Computing and Software Engineering (ICACSE)*.
- [10] Wikipedia. (2024, June 19). Agile software development. Wikipedia. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Atik\\_vaz%C4%B1%C4%B1m\\_geli%C5%9Firme#:~:text=%C3%87evik%20vaz%C4%B1%C4%B1m%20metodolojilerinin%20k%C3%B6keni%201957,ba%C5%9F%C4%B1k%C4%B1%20bir%20makale%20ile%20tan%C4%B1t%C4%B1m%C4%B1%C5%9F%C4%B1r](https://tr.wikipedia.org/wiki/Atik_vaz%C4%B1%C4%B1m_geli%C5%9Firme#:~:text=%C3%87evik%20vaz%C4%B1%C4%B1m%20metodolojilerinin%20k%C3%B6keni%201957,ba%C5%9F%C4%B1k%C4%B1%20bir%20makale%20ile%20tan%C4%B1t%C4%B1m%C4%B1%C5%9F%C4%B1r)
- [11] Wrike. (2024, June 19). Agile methodology. <https://www.wrike.com/project-management-guide/agile-methodology-basics/>
- [12] Argenova. (2024, June 19). The 12 principles of Agile methodology. <https://www.argenova.com.tr/agile-cevik-metodolojinin-12-temel-ilkesi>
- [13] Karlidere, T., & Kalıpsız, O. (2003). The role of agile approaches in software engineering projects. In *National Software Engineering Symposium*, 23-25.
- [14] Özen, M. T., & Koç, M. (2021). Some observations on agile management: A periodic analysis based on reports prepared in the software sector. *Journal of International Management Academy*, 4(2), 385-408.
- [15] Martin, R. C. (2003). *Agile software development: Principles, patterns, and practices*. Prentice Hall PTR.
- [16] SysArt. (2024, June 20). The history of Scrum. Retrieved from <https://sysart.consulting/tr/2024/06/13/scrum-tarihce-ve-gelisim/>
- [17] NimbleWork. (2024, June 20). What is Scrum. Retrieved from <https://www.nimblework.com/agile/scrum-methodology/>
- [18] Kanban methodology history. (2024, June 20). Wikipedia. Retrieved from <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kanban#:~:text=Kanban%C3%9Cretim%20ortam%C4%B1nda,1953'ten%20bu%20yana%20kullan%C4%B1lmaktad%C4%B1r>
- [19] Kirovska, N., & Koceski, S. (2015). Usage of Kanban methodology in software development teams. *Journal of Applied Economics and Business*, 3(3), 25-34.
- [20] Kanban in software development. (2024, June 20). Medium. Retrieved from <https://medium.com/@teamdiaame/kanban-in-software-development-c47828c49a87>
- [21] DSDM methodology history. (2024, June 21). Agilekrc. Retrieved from <https://agilekrc.org/agile-approaches/dsdm-agile-dynamic-systems-development-method>
- [22] Teixeira, D., Pires, F. J. A., Pinto, J., & Santos, T. (2005). DSDM–Dynamic systems development methodology. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*. Retrieved from [http://paginas.fe.up.pt/~aaguaiar/es/artigos\\_final\\_es\\_final\\_14.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~aaguaiar/es/artigos_final_es_final_14.pdf)
- [23] Extreme methodology history. (2024, June 21). ProductPlan. Retrieved from <https://www.productplan.com/glossary/extreme-programming/>
- [24] Hameed, A. (2016). Software development lifecycle for extreme programming. *International Journal of Information Technology and Electrical Engineering*, 5(1), 7-13.
- [25] Extreme methodology. (2024, June 21). Catatan. Retrieved from <https://catatan.nahrowi.com/2021/08/26/apa-yang-dimaksud-extreme-programming-xp/>
- [26] What is DevOps. (2024, June 21). Microsoft. Retrieved from <https://learn.microsoft.com/en-us/devops/what-is-devops>
- [27] Almeida, F., Simões, J., & Lopes, S. (2022). Exploring the benefits of combining DevOps and Agile. *Future Internet*, 14(2).

# THE USE OF SPACE TECHNOLOGIES IN EARTH OBSERVATION AND ENVIRONMENTAL MONITORING

Serhat BİLAL<sup>1</sup>, Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Software Development, Mubitek Tasarım Bilişim AR-GE, Bursa, 16000, TURKEY, **ORCID:** 0009-0003-4328-9764

<sup>2</sup> Department, Mubitek Tasarım Bilişim AR-GE, Bursa, 16000, TURKEY, **ORCID:** 0000-0003-2525-8465

Article Info	Abstract
<b>Oral Presentation</b>	Space technologies play a significant role in environmental monitoring and Earth observation. This paper aims to explore the use of space technologies in environmental observation and analysis. Firstly, it provides an overview of fundamental space technologies, including satellite systems and remote sensing technologies. The methods for data collection, processing, and analysis, and their applications in environmental monitoring are discussed.
<b>Keywords</b>	Technologies used in Earth observation, such as optical sensors, radar systems (SAR), hyperspectral imaging, and LiDAR, contribute significantly to applications like climate change monitoring, forest cover tracking, air quality measurement, and natural disaster observation. For example, the Copernicus program, Sentinel satellites, and NASA's Earth Observing System (EOS) program are among the most important projects for environmental observation.
<i>Space Technologies</i>	In the process of data analysis and interpretation, the roles of big data processing, artificial intelligence, and geographic information systems (GIS) technologies are emphasized. Additionally, the impact of these technologies on international environmental policies is examined, discussing their contributions to the implementation of international protocols like the Paris Agreement.
<i>Earth Observation</i>	In conclusion, space technologies are becoming increasingly important in environmental monitoring applications, and in the future, new-generation satellite systems will present both challenges and opportunities, particularly regarding data security and international collaboration.
<i>Environmental Monitoring</i>	
<i>Remote Sensing</i>	
<i>Satellite Systems</i>	

\* Corresponding Author E-mail : [serhat.bilal@mubitek.com](mailto:serhat.bilal@mubitek.com)

## I. INTRODUCTION

The rapid increase in environmental changes in today's world necessitates the development of effective monitoring and management strategies. Sustainable development goals are threatened by global environmental issues such as climate change, deforestation, water resource depletion, and marine pollution. Space technologies provide uninterrupted and high-quality data over large areas to track environmental changes in this situation. The ability of satellites to gather data in remote areas, without human intervention, leads to more accurate and rapid detection of environmental issues.

Space-based monitoring systems provide long-term data sets to comprehend how environmental changes change over time. Satellite data has enabled the monitoring of deforestation processes, water resource management, and marine ecosystem health assessment. By using space data to validate and enhance climate models, more accurate forecasts of the future impact of climate change can be made.

## II. LITERATURE REVIEW

In their study "Global Open Data Remote Sensing Satellite Missions for Land Monitoring and Conservation", Radočaj et al. Examined the most important global open data satellite missions such as multi-spectral satellite missions (Landsat, Sentinel-2, MODIS), radar (Sentinel-1) and digital elevation model missions (SRTM, ASTER). They assessed the frequency of these missions in scientific publications in the Web of Science database and analyzed the image preprocessing, spectral indices, classification methods and topographic modeling techniques used to process the data of these missions. Free satellite data and open source software's contributions to sustainable land management are highlighted, and potential uses are examined for applications like land

cover, land suitability, vegetation monitoring, and natural disaster management.

Yan Gao and colleagues' study on remote sensing of forest degradation emphasizes that forest degradation has a significant impact on global carbon emissions by influencing forest structure, composition, diversity, and carbon stocks. The magnitude of these emissions is uncertain due to the fact that deforestation can be monitored with remote sensing (RS) technology, while forest degradation is a more challenging process to quantify. Emission estimations necessitate the identification of affected areas and the computation of biomass loss over time. The complexity of the concept, resolution limitations of UA sensors, and the detection of different degradation processes make mapping and monitoring forest degradation challenging. The study examines the influence of different activities on the choice of UA technology through categorization of research based on types of forest degradation.

The study titled 'Remote Sensing Applications in Monitoring of Protected Areas' asserted that protected areas (PAs) have been established throughout the world to safeguard nature and provide ecosystem services. The land surface has a protection of 15% and the sea has a protection of 4.12%. PAs have become more important as indicators of ecosystem health as a result of climate change. Monitoring and managing these areas requires the use of remote sensing technologies.

## III. OVERVIEW OF SPACE TECHNOLOGIES

Earth observation and environmental monitoring require the use of space technologies as essential tools. The development of these technologies makes it possible to monitor and analyze environmental changes more effectively. We will be discussing the variety of satellite systems, the

advantages of remote sensing technologies, and the significance of data processing methods in this chapter.

#### **A. Satellite Systems**

The categories of satellite systems are determined by their orbit and mission purpose. At a height of around 160-2,000 km, Low Earth Orbit (LEO) satellites offer high-resolution imagery. By orbiting Earth for short periods of time, these satellites can provide detailed observation of large areas. Navigation systems are the primary use of Medium Earth Orbit (MEO) satellites, which are located at a height of approximately 20,000 km. Geostationary Orbit (GEO) satellites are positioned permanently at a distance of 35,786 km and are the preferred choice for extended observation and communication services [4].

Power systems, communication equipment, sensors, and control systems comprise satellite components. Solar panels and batteries are used by power systems to meet the energy demands of the satellite, while communication equipment enables data exchange with ground control centers. Sensors are essential in the collection of environmental data and support of various remote sensing technologies [5].

#### **B. Remote Sensing Technologies**

The purpose of remote sensing is to gather information through observations made from the earth or space. Monitoring environmental changes, assessing natural disasters, and achieving sustainable development goals requires the use of these technologies. Passive and active sensors are the two types of remote sensing systems. Data is collected by passive sensors using sunlight, while active sensors (like Radar) use their own light or radio waves [6].

Even in cloudy or dark conditions, active sensors like Synthetic Aperture Radar (SAR) and Light Detection and Ranging (LiDAR) can collect data. SAR provides high-resolution radar images and is effective in tracking surface deformations and object movements. High-accuracy 3D mapping and topography is provided by Lidar through laser light[7].

The collected data is processed and analyzed by remote sensing algorithms in a crucial way. Image processing, spectral analysis, and classification techniques are among the techniques used in these algorithms. Raw data can be made more meaningful and usable through the use of image processing techniques. Different materials and plant species can be detected using spectral analysis, while classification methods make it easier to categorize and analyze data [8].

#### **C. Data Processing and Analysis Methods**

Big data processing and analysis techniques are necessary for the effective use of remote sensing data. Satellite data storage, management, and processing are greatly impacted by big data technologies. Fast and efficient processing of large data sets is possible with platforms like Hadoop and Spark

Combining information from diverse sensors and data sources is the process of data integration. This method enables analysis that is more comprehensive and accurate. Understanding environmental changes and predicting future

trends can be achieved through the use of statistical methods and modeling techniques. In addition, spatial analysis and mapping applications rely on the integration of Geographic Information Systems (GIS). Remote sensing data can be analyzed and visualized spatially through GIS, which is a crucial tool for decision-making processes [9].

The focus of this chapter is on the general structure and functioning of space technologies, with a focus on satellite systems' diversity, remote sensing technology's advantages, and the importance of data processing methods. The integration of these technologies results in effective and sustainable solutions for environmental monitoring.

### **IV. BASIC TECHNOLOGIES USED FOR EARTH OBSERVATION**

Monitoring and assessing environmental changes requires the use of earth observation. Different sensors and systems are used to analyze various features of the Earth's surface with high accuracy using the main technologies used for this purpose. The focus of this chapter is on discussing the optical sensors that are commonly used for Earth observation, Synthetic Aperture Radar (SAR) systems, hyperspectral imaging, and LiDAR (Light Detection and Ranging) technologies.

#### **A. Optical Sensors**

Data is collected in the visible light and near infrared bands by optical sensors, which are passive sensors. Vegetation analysis, urban development, monitoring, and water resource management are just some of the applications where these sensors are utilized. Due to their high spatial resolution and ability to detect changes, optical sensors are the ideal choice for detailed terrain mapping and change detection. The best examples of optical sensor technology are satellite programs like Landsat and Sentinel-2. The basis of environmental analysis is provided by these sensors, which provide high-fidelity imagery over large areas. [10].

#### **B. Synthetic Aperture Radar (SAR) Systems**

The SAR radar system is active and uses its own light source to collect data. The fact that SAR has a significant advantage makes it possible to acquire data even in cloudy or dark weather conditions. The use of SAR systems has been successful in detecting environmental phenomena like soil movement, flood monitoring, and oil spills. Environmental monitoring is made possible through the continuous data stream provided by Sentinel-1 satellites, a widely used example of SAR technology [11].

#### **C. Hyperspectral Imaging**

By collecting data in a large number of narrow spectral bands, hyperspectral imaging can identify and analyze materials. The significance of this technology lies in its applications in areas such as agricultural productivity, mineral mapping, and pollution detection. Hyperspectral sensors enable the monitoring of various environmental features in each band, which results in more detailed and specific analysis. Hyperspectral imaging technology is characterized by Sentinel-2 satellites, which offer high spectral resolution over large areas [12].



#### **D. LiDAR (Light Detection and Ranging)**

Laser light is used to create highly accurate 3D mapping and topography using Lidar technology. Forest structure analysis, infrastructure inspection, and disaster management are all areas where this technology is utilized. Lidar systems' high point density allows for a detailed examination of landforms and objects. For precise detection of forest cover and building structures, this tool is indispensable. The integration of LiDAR data with other remote sensing data can lead to a more comprehensive and accurate analysis.

#### **E. Comparison of Technologies and Application Areas**

Optical sensors are distinguished by their high spatial resolution and broadband data collection capacity, whereas SAR systems have the advantage of collecting data in all weather conditions. Hyperspectral imaging is crucial for material identification and specific environmental analysis, while LiDAR technology is advantageous in terrain and object analysis due to its 3D data. These technologies can be combined to obtain more comprehensive and accurate results in environmental monitoring and analysis processes.[5]

#### **F. Current Developments and Future Perspectives**

The performance and application areas of these basic technologies have been expanding in recent years due to the rapid development of space technologies. Remote sensing data can be analyzed faster and more accurately by integrating artificial intelligence and machine learning algorithms. Furthermore, the advancement of next-generation satellite systems and sensor technologies is assisting environmental monitoring efforts by furnishing higher resolution and a wider variety of data formats. These technologies are anticipated to be enhanced in the future to contribute to environmental management and sustainable development objectives [9].

### **V. ENVIRONMENTAL MONITORING PRACTICES**

This section will cover the use of space technologies in environmental monitoring. It will detail the contributions of space technologies in areas such as climate change monitoring, forest cover and biodiversity monitoring, ocean and marine pollution monitoring, air quality measurement, glacier melt and sea level rise monitoring, and natural disaster monitoring and early warning systems.

#### **A. Climate Change Monitoring and Analysis**

Space-based data is utilized to track greenhouse gas emissions and analyze atmospheric changes to monitor the effects of climate change. Validating and improving climate models requires the use of data from space. By doing this, the impact of climate change in the future can be predicted more accurately and appropriate measures can be taken.

#### **B. Forest Cover and Biodiversity Monitoring**

Determining deforestation rates and monitoring species distributions is possible with satellite data. Satellite imagery is used to analyze habitat changes and assess impacts on biodiversity. In this way, detailed information on the health and sustainability of forest ecosystems can be obtained.

#### **C. Ocean and Marine Pollution Monitoring**

Monitoring marine pollution indicators such as sea surface oscillations, temperature changes, algae blooms, and plastic pollution is possible through the use of satellite data. The information they provide is crucial for assessing the health of ocean and marine ecosystems. Environmental protection efforts are supported by these data, especially as plastic pollution becomes more widespread.

#### **D. Air Quality Measurement**

Measurement of pollutants such as particulate matter (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), ozone, and nitrogen dioxide is accomplished using space data, as well as the creation and mapping of air quality indices. Assessing the health effects of air pollution is crucial. The development of strategies to monitor and improve air quality is made possible by these data.

#### **E. Tracking Glacier Melt and Sea Level Rise**

Monitoring ice sheet mass changes and measuring sea level rise are used to analyze impacts on the global water cycle. These data show the tangible impacts of climate change and are critical for assessing the economic and environmental consequences of sea level rise.

#### **F. Natural Disaster Monitoring and Early Warning Systems**

Early detection of natural disasters like earthquakes, floods, and forest fires is made possible by satellite data, and post-disaster impact analysis is also conducted using this technology. Disaster management can be quickly and effectively managed through the use of early warning systems. By doing this, the damages caused by disasters can be minimized and human life can be safeguarded.

Space technologies have a broad range of contributions to environmental monitoring, as demonstrated by these applications. Space-based data can be utilized effectively in every application area to provide significant advantages for better understanding and management of environmental problems.

### **VI. MAJOR SATELLITE MISSIONS AND PROJECTS**

Tracking and assessing environmental changes around the world requires the use of satellite missions for environmental monitoring. This section will focus on the in-depth analysis of NASA's EOS program, the European Space Agency's Copernicus program, JAXA's GOSAT mission, and other national and international satellite projects.

#### **A. NASA's Earth Observing System (EOS) Program**

Terra, Aqua, and Aura are among the satellite missions that NASA's Earth Observing System (EOS) program encompasses. The monitoring of various environmental parameters, including climate change, atmospheric components, the water cycle, and the biosphere, is done by these satellites. The EOS program supplies data that is necessary for validating and building climate models.

#### **B. European Space Agency's Copernicus Program**

The Copernicus program of the European Space Agency (ESA) carries out environmental monitoring activities using

the Sentinel series of satellites. By utilizing multiple platforms like Sentinel-1 radar satellites, Sentinel-2 optical satellites, and Sentinel-5P atmospheric monitoring satellites, it offers comprehensive information on topics like land cover, water quality, atmospheric gases, and sea surface dynamics. Environmental policies in Europe and worldwide are greatly influenced by the Copernicus program.

### **C. JAXA's GOSAT Mission**

The GOSAT mission of the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) is designed to track carbon dioxide and methane gases released into the atmosphere. The tracking of global greenhouse gas emissions by GOSAT is crucial for climate change analysis. The use of this mission is crucial in defining climate policies and reducing greenhouse gas emissions.

### **D. Other National and International Satellite Projects**

China's Gaofen series, India's Cartosat satellites, and Russia's Resurs series are among the other national satellite projects that have made significant contributions to environmental monitoring. Land use changes, deforestation, water resources management, and natural disaster monitoring are among the various applications that these satellites are used for. Additionally, the capacity for global environmental monitoring is enhanced and data sharing is simplified through international cooperation and joint satellite projects.

## **VII. DATA ANALYSIS AND INTERPRETATION**

The effective use of information provided by space technologies requires accurate analysis and interpretation of environmental data. The focus of this chapter is on integrating big data processing techniques, artificial intelligence, and machine learning applications with Geographic Information Systems (GIS).

### **A. Big Data Processing Techniques**

Big data from space requires special techniques to be processed. This data is commonly stored, managed, and processed by big data platforms like Hadoop and Spark. The analysis of high volumes of data can be quickly and effectively done by these platforms, which allows for timely detection of environmental changes.

### **B. Artificial Intelligence and Machine Learning Applications**

Remote sensing data analysis is being revolutionized by AI and ML algorithms. Environmental data processing is made more accurate and faster through the use of image recognition, classification, and predictive models. The effectiveness of environmental monitoring processes is being improved by using AI and ML in applications such as automatic change detection and anomaly detection.

### **C. Geographic Information Systems (GIS) Integration**

Remote sensing data can be incorporated into spatial analysis and mapping applications by using Geographical Information Systems (GIS). The process of visualizing and analyzing environmental data is made easier by GIS integration, which aids decision-making processes for policy makers and researchers. Land use planning, natural resource

management, and disaster risk assessment all benefit from the use of GIS as an important tool.

## **VIII. IMPACT ON ENVIRONMENTAL POLICIES**

The use of space technologies in environmental monitoring has a significant impact on the shaping of national and international environmental policies. Monitoring, assessing, and reporting environmental changes involves using data from space as a fundamental tool. The critical information provided by these data is crucial for sustainable environmental management, enabling policy makers to make science-based decisions.

### **A. International Agreements and Protocols**

The importance of joint efforts in solving global environmental problems is highlighted by international environmental agreements. Data from space-based observation systems is instrumental in supporting protocols to combat climate change, such as the Paris Agreement. By giving objective and continuous information on issues like tracking greenhouse gas emissions, determining deforestation rates, and monitoring sea level changes (UNEP, 2020), these data enhance the applicability of agreements.

Space data is also utilized to support other international agreements like the Kyoto Protocol and the Montreal Protocol. These agreements demonstrate how space technologies can help monitor various environmental parameters, such as the ozone layer (IPCC, 2018).

### **B. The Role of Space Data in Decision Making Processes**

Scientific and objective information is provided by space data to decision-makers during the development and implementation of environmental policies. Understanding environmental trends and predicting future changes are achieved through the use of these data. Satellite data plays a crucial role in validating and improving climate models. The establishment of early warning systems in natural disaster management and post-disaster impact analysis requires space data.

Increasing the effectiveness of environmental policies and contributing to the realization of sustainable development goals can be achieved by integrating space data into decision-making processes. Space technologies' highly accurate and comprehensive data enable policy makers to develop more informed and effective strategies [2].

## **IX. FUTURE TRENDS AND CHALLENGES**

The use of space technologies in environmental monitoring is constantly evolving and being shaped by new trends and challenges. This chapter will examine the potential developments of space technologies in environmental monitoring, looking at future trends and challenges.

### **A. Next Generation Satellite Technologies**

High resolution, faster data transmission, and lower costs are significant improvements offered by next generation satellite technologies in environmental monitoring. Mini- and nanosatellites are being used to expand space observation capacity and collect more data. These satellites are

advantageous because they are in low orbits, which allows for faster re-orbit and more up-to-date data.

Next-generation satellites can collect data in multiple spectral bands, leading to more detailed and specific monitoring of environmental parameters. The use of these technologies enables more precise analysis in areas like forest health, water resources management, and air quality monitoring (Logsdon, 2015).

### **B. Data Security and Privacy Issues**

Space-derived data security and privacy are among the major challenges of the future. The use of space technologies in environmental monitoring is impacted by factors such as managing large data streams, cyber security threats, and data privacy issues. Both national security and individual privacy require data protection [9].

To ensure the secure transmission of satellite data, it is necessary to develop data security protocols and integrate technological solutions. To ensure the ethical use of space data, it is crucial to establish and enforce legal regulations regarding data privacy.

### **C. International Cooperation and Data Sharing**

International cooperation and data sharing are necessary for dealing with global environmental issues. By facilitating data sharing between different countries, space technologies contribute to the achievement of common environmental goals. The data sharing process makes international cooperation difficult due to problems such as national interests, data ownership, and sharing policies [11].

Establishing international standards and developing data sharing protocols is necessary to overcome these challenges. The effectiveness of space technologies in environmental monitoring can be enhanced by promoting international collaborations and supporting joint projects (Klein Tank et al., 2016).

## **X. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS**

### **A. Conclusion**

Space technologies are used in Earth observation and environmental monitoring, and this paper provides a comprehensive review. These technologies play a critical role in monitoring and managing environmental changes, which are evaluated under headings such as satellite systems, remote sensing technologies, data processing methods, environmental monitoring applications, key satellite missions, data analysis techniques, impact of environmental policies and future challenges.

Environmental monitoring and technological development in this field have been extensively covered in the literature review by focusing on the applications of key technologies, such as LiDAR, SAR, hyperspectral imaging, and optical sensors. Furthermore, the significance of international environmental policies, future trends, and challenges are highlighted, and how these technologies can be integrated for sustainable environmental management.

### **B. Recommendations**

The effectiveness of environmental monitoring can be improved by maintaining and integrating technological advances in space technologies and integrating existing systems. More accurate and comprehensive data will be possible through the development of the next generation of satellites and the improvement of existing sensor technologies.

International cooperation must be enhanced to address global environmental problems. The potential of space technologies in environmental monitoring can be maximized by developing data sharing protocols and encouraging joint projects.

By facilitating data access and adopting open data policies, researchers and policy makers will be able to access space data. The work in environmental monitoring will be more comprehensive and collaborative due to this.

To ensure ethical and reliable data use, it's important to take measures to secure data obtained from space and establish privacy policies. Data integrity protection can be achieved by taking measures against cyber security threats.

The effective use of space technologies requires researchers and policy makers to specialize in this field through training and accumulating expertise. The integration of technologies into sustainable environmental management can be made easier by developing training programs and increasing expertise accumulation.

### **C. Recommendations for Policymakers**

It is important for policymakers to incorporate space-based data into environmental analysis and strategy development processes. Decisions will be made based on science and data in this manner.

Promoting the use of space technologies for sustainable environmental management: The use of space technologies should be encouraged to achieve sustainable environmental management objectives. Environmental monitoring and management strategies will be more effective due to this.

The utilization of space technologies in environmental monitoring can be improved by following these recommendations, and necessary steps can be taken for sustainable environmental management.

## **REFERENCES**

- [1] Radočaj, D., Obhodaš, J., Jurišić, M., & Gašparović, M. (2020). Global open data remote sensing satellite missions for land monitoring and conservation: A review. *Land*, 9(11), 402.
- [2] Gao, Y., Skutsch, M., Paneque-Gálvez, J., & Ghilardi, A. (2020). Remote sensing of forest degradation: a review. *Environmental Research Letters*, 15(10), 103001.
- [3] Wang, Y., Lu, Z., Sheng, Y., & Zhou, Y. (2020). Remote sensing applications in monitoring of protected areas. *Remote Sensing*, 12(9), 1370.
- [4] Pratt, T., & Allnut, J. E. (2019). *Satellite communications*. John Wiley & Sons.

- [5] Richards, J. A., & Richards, J. A. (2022). *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 5, pp. 256-258). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- [6] Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- [7] Ulaby, F. T., Moore, R. K., & Fung, A. K. (1986). *Microwave remote sensing: Active and passive*. Volume 3-From theory to applications.
- [8] Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- [9] Zikopoulos, P., & Eaton, C. (2011). *Understanding big data: Analytics for enterprise class hadoop and streaming data*. McGraw-Hill Osborne Media.
- [10] Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e*. Pearson Education India.
- [11] Ulaby, F. T. (1981). Microwave remote sensing, active and passive. *Microwave Remote Sensing Fundamentals and Radiometry, 1*, 191-208.
- [12] Goetz, A. F. (1995, June). Imaging spectrometry for remote sensing: Vision to reality in 15 years. In *Imaging Spectrometry* (Vol. 2480, pp. 2-13). SPIE.



# TRAKYA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞ, NEM VE SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN BULANIK MANTIK İLE DEĞERLENDİRİLMESİ\*\*

Funda DÖKMEN<sup>1\*</sup>, Ayşe Nur UZUNLAR<sup>2</sup>, Cansu ASLAN<sup>2</sup>, Nevcihan DURU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, İzmit MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arslanbey Yerleşkesi, Arslanbey-Kartepe, 41285, Kocaeli, Türkiye. Email: funda.dokmen@kocaeli.edu.tr, [f\\_dokmen@hotmail.com](mailto:f_dokmen@hotmail.com) ORCID: 0000-0002-0615-2887

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Lisans Öğrencisi., Arslanbey Yerleşkesi, Arslanbey-Kartepe, 41285, Kocaeli, Türkiye., Email: [aslanncansu@gmail.com](mailto:aslanncansu@gmail.com), [anuruzunlar@gmail.com](mailto:anuruzunlar@gmail.com)

<sup>3</sup>Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye. Email: [nevcihan.duru@kocaeli.saglik.edu.tr](mailto:nevcihan.duru@kocaeli.saglik.edu.tr)

## Article Info

## Abstract

### Oral Presentation

### Keywords

*İklim değişikliği  
kuraklık  
bulanık mantık  
verimlilik  
sürdürülebilirlik*

Küresel ısınmanın bir sonucu olarak iklim değişikliği, Türkiye'de Trakya Bölgesi'nde tarımsal üretimi önemli ölçüde etkileyen bir sorun haline gelmiştir. Trakya Bölgesi tarımsal üretimde Türkiye'nin çok önemli bir üretim alanıdır ve iklim değişikliğinin etkisi altındadır. Tarımsal üretim için toprak, su, nem ve sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri de tarımda verimlilik ve büyüme oranları üzerinde önemli bir faktördür. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin tarımsal üretim, su ve toprak kaynakları, tarımsal kuraklık ve ekosistem üzerindeki etkileri Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri örneği alınarak analiz edilmiştir. Uzun dönem meteorolojik verilerden 30 yıllık aylık ortalama "sıcaklık", "yağış" ve "nem" girdi verilerinin değişimleri, kuraklık ve tarımsal verimlilik açısından uygunlukları "Bulanık Mantık" ile modellenmiş ve girdi değişkenlerinin etkileri "kuraklık" ve "tarımsal verimlilik" çıktı değişkenleri noktasında yorumlanarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar pozitif sürdürülebilirliğin sağlanması açısından tartışılmıştır.

\*Corresponding Author E-mail : [funda.dokmen@kocaeli.edu.tr](mailto:funda.dokmen@kocaeli.edu.tr), [f\\_dokmen@hotmail.com](mailto:f_dokmen@hotmail.com)

\*\*Bu çalışma 1919B012301811/2023 numaralı TÜBİTAK 2209-A Projesi kapsamında hazırlanmış olup TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

## I. GİRİŞ

Sıcaklık, yağış ve nem iklim değişikliğinin en önemli göstergeleridir. Küresel ısınmanın bir sonucu olarak artan sıcaklık değerleri ve azalan yağış miktarlarını günlük hayatımızda olduğu kadar tarımsal üretimde de dikkate almak zorundayız.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm olup, yılda 501 milyar m<sup>3</sup> suya karşılık gelmektedir. Yıllık yüzeysel akış 186 milyar m<sup>3</sup>/yıl olup, buna komşu ülkelerden gelen 7 milyar m<sup>3</sup>/yıl akış da eklendiğinde Türkiye'nin yıllık toplam yüzeysel akışı 193 milyar m<sup>3</sup>/yıl'a ulaşmaktadır. Bu potansiyelin %31'i Doğu Anadolu'daki dağlık alanlardan beslenen Fırat ve Dicle havzalarından gelen akışlardan oluşmaktadır [1].

İklim, tüm hidrolojik şartları etkileyen ana faktör olduğundan, iklimdeki değişiklikler su kaynaklarının miktarını ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Atmosferdeki karbondioksit ve diğer gazların konsantrasyonlarındaki artışın dünyanın ısı dengesini değiştirmekte ve küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu gazlar güneşten gelen radyasyonun atmosferden geçmesine izin vermekte, ancak yansıyan ısının uzaya geri dönmesini engellemektedir. Bu da yeryüzünün sıcaklığının artmasına neden olmaktadır [2].

Gözlemsel kayıtlar ve iklim projeksiyonları, tatlı su kaynaklarının iklim değişikliğinden ciddi şekilde etkilenebileceğine, bunun da insan toplulukları ve ekosistemler için geniş kapsamlı sonuçları olacağına dair çok sayıda kanıt sunmaktadır. Birkaç yıldır gözlemlenen ısınma, artan atmosferik su buharı içeriği; değişen yağış modelleri ve yoğunluğu, azalan kar örtüsü ve yaygın buz erimesi ve toprak nemi ve akışındaki değişiklikler gibi büyük ölçekli hidrolojik döngüdeki değişikliklerle ilişkilendirilmiştir [3].

Dünyanın çeşitli bölgelerinde, nehir akışlarının yıl içindeki değişiminin, sıcaklıktaki değişimlerden ziyade yağıştaki değişimlerle daha güçlü bir ilişki içinde olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, Avrupa'nın doğu kesimlerindeki birçok yerde, yüzey akışlarının ilkbahardan kışa kayması sadece yağış toplamlarındaki değişikliklerle değil, daha spesifik olarak sıcaklıklardaki artışla da ilişkilendirilmiştir [4].

İklim değişikliği sadece bugüne ait bir olgu değil, binlerce yıldır var olan ve var olmaya devam edecek olan doğal bir döngüdür. İnsanlığın çevreye verdiği zararlar iklimde değişikliklere neden olmakta, yeryüzünün yüzey örtüsünü değiştirmekte ve bu yüzey örtüsünde yapılan değişiklikler de dolaylı olarak iklimi etkilemektedir [5].

Bilim insanları tarafından yapılan çalışmalar, 2030 yılına yaklaştıkça sıcaklıkların artacağını bildirmektedir. Sıcaklıkların 20 yıl içerisinde 2 °C derece artacağı öngörülmektedir [6]. Bu nedenle bu çalışmada uzun dönem meteorolojik verilerden 30 yıllık aylık ortalama "sıcaklık", "yağış" ve "nem" girdi verilerinin değişimleri, kuraklık ve tarımsal verimlilik açısından uygunlukları Trakya Bölgesi için "Bulanık Mantık" ile modellenmiştir.

## II. MATERYAL VE METOT

### A. Materyal

Çalışmada Trakya Bölgesi'nin (Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ) 30 yıllık (1994-2024) ortalama sıcaklık, yağış ve nem değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir [7]. Ayrıca Trakya Bölgesi'ndeki tarım alanlarının meyve, sebze ve tarla alanlarının dağılımı ve üretim miktarları, arazi kullanım türleri ve miktarları Trakya Bölgesi Tarım İl Müdürlüğü kayıtları ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığı verilerinden elde edilmiştir [8], (Tablo 1).

Tablo 1. Tarımsal potansiyel ve ürün deseni

Tarımsal Potansiyel	Ürünler
Tarla bitkileri	Buğday, arpa, ayçiçeği, çeltik
Meyvecilik	Zeytin, elma, şeftali, kiraz, kivi, üzüm
Sebzecilik	Lahana, domates, kıvırcık, marul, hıyar, fasulye, biber
Süs Bitkileri	Dış ve iç mekan süs bitkileri, kesme çiçek

Trakya karasal iklimi; Marmara Bölgesi'nin Trakya kesiminde hüküm sürer. Özellikle Edirne ve Kırklareli kışları soğuk geçen bu karasal iklimin etki alanı içerisinde. Anadolu'daki karasal iklimin aksine daha yağışlıdır. Yazları sıcak ve kurak, kışları çok soğuk ve kar yağışlı geçer.

### B. Metod

Bu çalışmada Trakya Bölgesi'nin son 30 yıllık meteorolojik parametreleri üzerinden yağış, sıcaklık ve nem parametreleri girdi değişkenleri, kuraklık ve verimlilik parametreleri çıktı değişkenleri olarak alınarak "Bulanık Mantık" ile yapay zeka modeline göre bölgenin kuraklık ve tarımsal verimlilik durumunun incelenmesi amaçlanmıştır. Yöntemde aşağıda açıklanan işlem adımları sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

### C. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, insan gibi düşünmeyi esas alan ve bunları matematiksel fonksiyonlara çevirerek işleyen bir daldır. Bulanık mantığın en büyük özelliği Klasik (Aristo) mantık yerine Bulanık Küme teorisine dayanan bir matematik disiplini olmasıdır. Klasik (Aristo) mantığı var-yok, 0-1, evet-hayır, iyi-kötü şeklindedir ancak Bulanık mantık bu ikili değerler arasındaki değerleri de alır. Örneğin; az, çok, biraz, normal, orta, uzun, 0-1 değerleri yerine ara değerleri (0,6-0,1) kullanarak işlem yapar. Bulanık mantığa göre doğruluk veya yanlışlık derecesi de vardır [9-10].

Çalışmada girdi değişkenleri yağış, sıcaklık ve nem, çıktı değişkenleri ise kuraklık ve verimlilik. Çalışma alanı için ayrı kurallar oluşturulmuş ve Matlab programında (Fuzzy Logic) analiz edilmiştir. Program çıktılarına göre değerlendirme üçgenleri oluşturulmuştur. Elde edilen tüm veriler, kuraklık ve verimlilik noktalarında değerlendirilmiştir.

## III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Küresel iklim değişikliğinin bölgedeki yağış, sıcaklık ve nem değişkenleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, yapılan çalışmalar ve meteorolojik verilerin 1994-2024 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde ortalama olarak belirli oranlarda bir eğilim/trend gösterdiği görülmektedir (Tablo 2). Tablo 2 incelendiğinde; Trakya Bölgesi'nin ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verilerinden çok fazla sapma görülmemektedir. Ortalama değerler bölge ikliminin genel özellikleri ile uyumludur. Ortalama sıcaklık Mayıs-Ağustos aylarında mevsime uygun olarak artmıştır. Yağış ortalaması Mayıs-Ağustos aylarında azalmış, daha sonra artmıştır. Ortalama bağıl nem Haziran-Temmuz aylarında azalmış, diğer aylarda yüksek olmuştur.

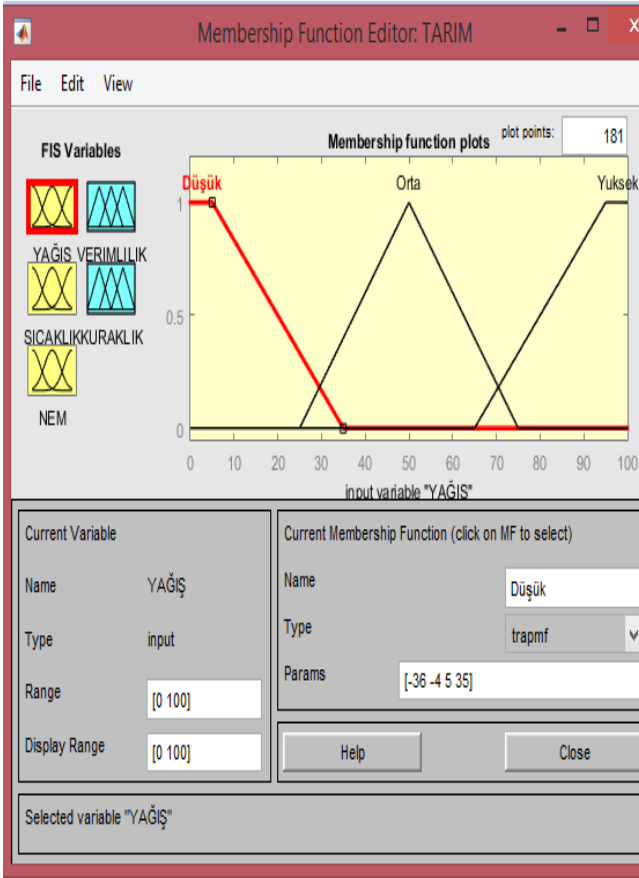
Tablo 2. Trakya Bölgesi 30 yıllık aylık ortalama sıcaklık (°C), nispi nem (%) ve yağış (mm) değerleri

Aylar	Sıcaklık	Nispi Nem	Yağış
Ocak	3.9	81.3	65.9
Şubat	5.16	77.86	57.76
Mart	7.9	74.6	50.73
Nisan	12.53	74.6	42.16
Mayıs	17.86	68.2	46.8
Haziran	22.26	65.8	48.6
Temmuz	24.83	61.36	29.63
Ağustos	25.06	61.56	21.26
Eylül	20.25	66.63	41
Ekim	15.2	76	65.66
Kasım	5.8	79.26	62.4
Aralık	14.26	81.63	72.3

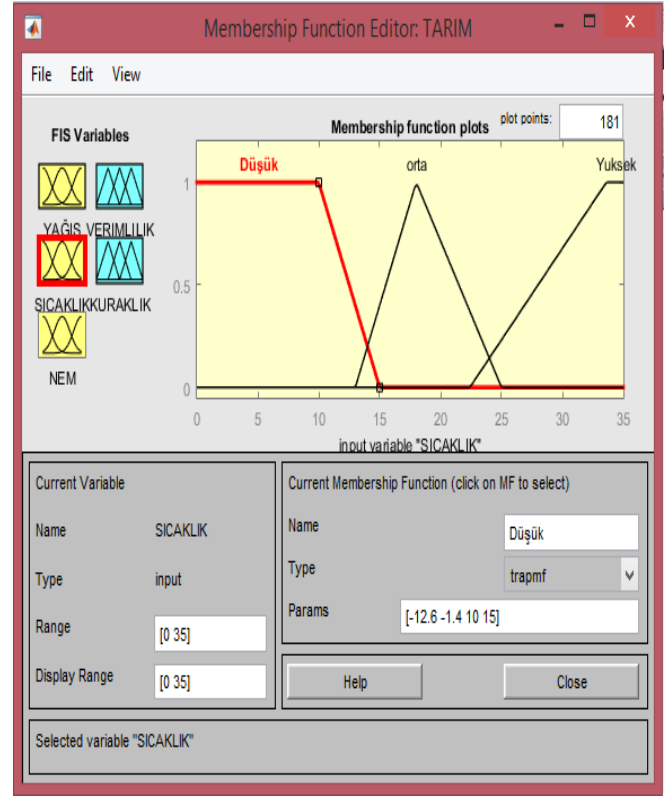
Trakya bölgesinde yazlar sıcak, kurak ve az bulutlu, kışlar ise çok soğuk, kar yağışlı ve parçalı bulutlu geçmektedir. Yıl boyunca sıcaklık normalde -2°C ile 30°C arasında değişir ve nadiren -8°C'nin altında ve 34°C'nin üzerindedir.

### 1) Bulanık Mantık (Fuzzy) Modelleme

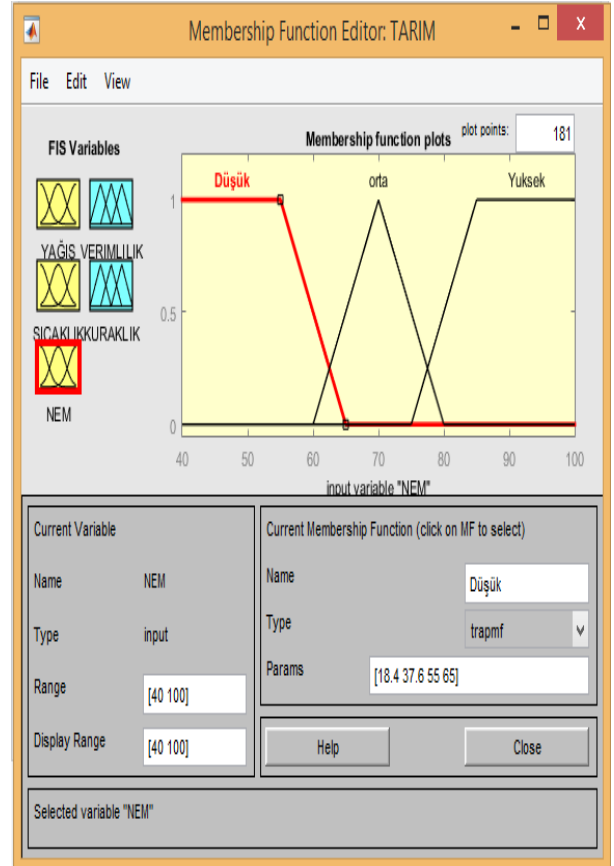
Girdi (yağış, sıcaklık ve nem) ve çıktı (kuraklık ve verimlilik) değişkenlerine göre Şekil 1, 2 ve 3'te 30 yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve nem verilerinin 12 aylık değişimleri bulanık-mantık grafiksel olarak gösterilmiş ve değişimler yorumlanmıştır. Buna göre, ortalama sıcaklık değerlerindeki değişimler incelendiğinde, sıcaklık değerlerinin Nisan ayından itibaren artmaya başladığı ve Eylül ayına kadar devam ettiği görülmektedir. Haziran-Ağustos aylarında en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Yağış değerleri erken ilkbaharda Mart ayından itibaren önemli ölçüde azalmaya başlamış ve bu azalma Eylül ayı sonuna kadar devam etmiştir. Yaz aylarında ise sabittir. Ortam bağıl nem değerleri hemen hemen tüm aylarda sabittir. Yağışlardaki azalma ve sıcaklıklardaki artış buharlaşmaya bağlı olarak nem değerlerinde artışa neden olmuştur.



Şekil 1. Girdi değişkeni yağışın fonksiyonel görünümü

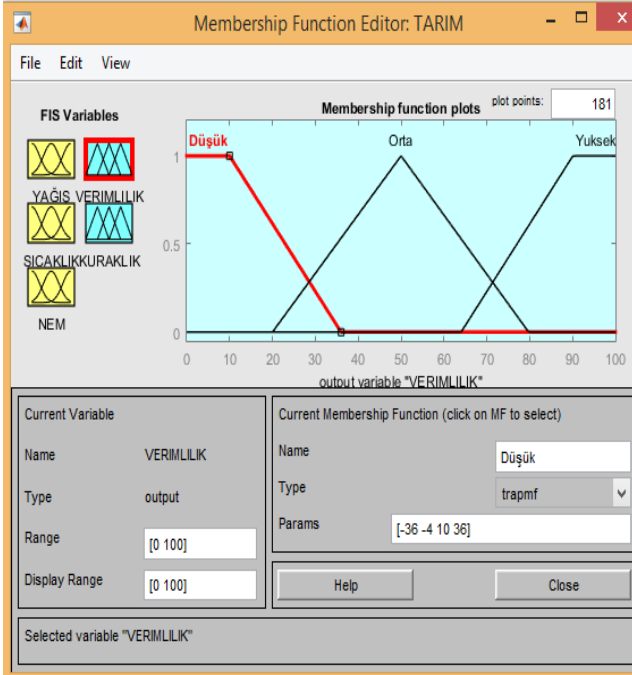


Şekil 2. Sıcaklık giriş değişkeninin fonksiyonel görünümü



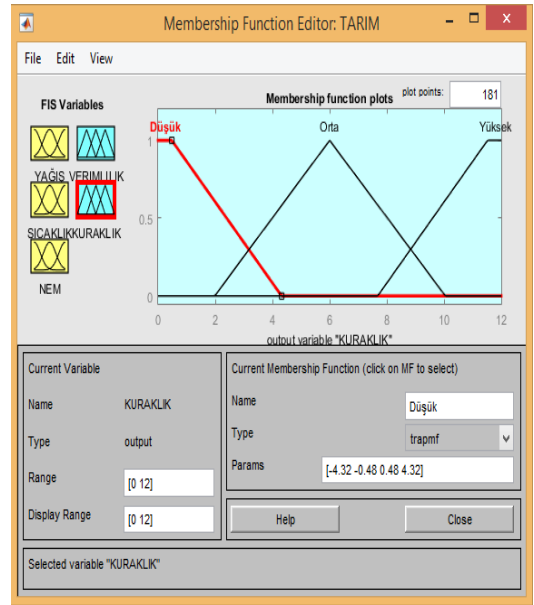
Şekil 3. Nem giriş değişkeninin fonksiyonel görünümü

Şekil 4'de verimlilik çıktı değişkeninin fonksiyonel görünümünü göstermektedir. 30 yıllık ortalama değerler baz alındığında, verimliliğin doğal döngü içerisinde değiştiği görülmektedir. Bu döngü içerisinde ortalama bir verimliliğin sürdürülebilir olduğu söylenebilir.



Şekil 4. Verimlilik çıktı değişkeninin fonksiyonel görünümü

Şekil 5'de kuraklık çıktı değişkeninin fonksiyonel görünümünü göstermektedir. 30 yıllık ortalama değerler baz alındığında kuraklığın doğal döngü içerisinde değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Özellikle yaz aylarında bazı yıllarda bahar aylarına kayan bir kuraklık söz konusudur. Kuraklığın aşırı olmadığını ve orta şiddette gerçekleştiğini söyleyebiliriz.



Şekil 5. Kuraklık çıktı değişkeninin fonksiyonel görünümü

#### IV. SONUÇ

Trakya Bölgesi'nde son 30 yıldaki ortalama sıcaklık, yağış ve nem değişimlerinin doğal döngüden ve iklim özelliklerinden çok fazla farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Sadece ilkbahar, sonbahar ve yaz aylarındaki yağış miktarında önceki yıllara göre bir azalma eğiliminden söz edilebilir.

Sonuç olarak; otuz yıllık ortalama verilerin bulanık mantık modeli ile yorumlanması bize doğal bir döngünün meteorolojik parametrelerde de önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Kuraklık ve buna bağlı olarak tarımsal verimlilik de bu doğal döngü içerisinde etkilenmekte ve değişmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma 1919B012301811/2023 numaralı TÜBİTAK 2209-A Projesi kapsamında hazırlanmış ve TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Yazarlar finansal destek için TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunarlar.

#### KAYNAKLAR

- [1] DSİ (2009), *Turkey Water Report*. Retrieved from Republic of Turkey, Ankara, Türkiye.
- [2] Şengül S (2019), Küresel İklim Değişikliğinin Yağış ve Sıcaklık Üzerindeki Etkilerinin Kırkgöze Dağlık Havzasındaki Kar Kütlesi Üzerinde 2050 Yılı için Beklenen Etkilerinin HSPF Model Programı İle İncelenmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji dergisi*, (17), 611-636.
- [3] IPCC. (2007). *Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (Eds. ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden, CE Hanson) (Vol. 4): Cambridge University Press, UK.
- [4] Arnell N. W (1999), Climate change and global water resources. *Global environmental change*, 9, S31-S49.
- [5] Gönençgil, B. (2024), İklim değişikliğinde binlerce yıllık bir süreç, <https://www.istanbul.edu.tr/tr/haber/iklim->



[degisikligi-binlenen-yillik-bir-surec](#) (Erişim tarihi: 11.04.2024).

- [6] <https://sentrum.com-iklim-degisikliginin-turkiyeye-etkileri> (Erişim tarihi: 11.04.2024)
- [7] Anonymous (2023a), T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, **Ankara. Türkiye.**
- [8] Anonymous (2023b), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (İstanbul İl Tarım Müdürlüğü) Kayıtları, Ankara, Türkiye.
- [9] Sıramkaya, E. (2006). Veri madenciliğinde bulanık mantık uygulaması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] Işıklı, Ş. (2008). Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. Araştırma Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi (Yayınlanmıyor).

# YAPAY ZEKA GÜVENLİ Mİ?

Ercan ÖLÇER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Doğa Bilimleri ve Mühendislik Fakültesi, Kocaeli, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3786-6230

Article Info	Abstract
<b>Oral Presentation</b>	Yapay zeka (AI) güvenliği denilince ilk olarak yapay zekanın güvenlik alanında kullanımı akla gelir. Ancak bu makalede kastedilen yapay zekanın bizatihi kendisinin güvenli olmasıdır. Oysa hem günümüzde yapay zekanın kullanımının hızla yayılması ve hem de güvenlik sistemleri dahil pek çok alanda kullanılıyor olması dünya ve dolayısı ile ülkemiz için önemli tehlikeleri de içinde barındırmaktadır. Oysaki kolayca bireysel verilerimizi teslim ettiğimiz bu botlar ve yapay zeka yazılımları arka planda verilerimizi yeterince iyi koruyup korumadığı yada birkısım taraflarla paylaşım paylaşmadığını bilmiyoruz. Bu olasılık bile geleceği yapay zeka üzerine kuran şirketler için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Aslında tüm dijital ortamlar için benzeri tehditler olsa da yapay zekanın verileri yorumlayabilme yeteneği, öğrenme ve olasılıklara bağlı olarak sonuç üretme yaklaşımları veriler üzerinde manipülasyonların da oluşturabilme olasılığını ön plana çıkarmaktadır. Bu kapsamda baktığımızda tamamen veriler üzerinde analiz yapan yapay zeka algoritmalarının verileri manipüle ederek yanlış sonuçlar üretme olasılığını da beraberinde getirmektedir. Bu makalede yapay zeka chatbotların ve yapay zeka uygulamalarının barındırdığı tehlikelerin ve oluşturduğu tehditler üzerine bir inceleme yapılacaktır. Bu konuda oluşturulan standartlardan bahsedilecektir. Diğer yandan olası tehditler için yapılması gereken ve alınması gereken önlemler irdelenecektir..
<b>Keywords</b>	
<i>Artificial Intelligence, Security</i>	

\* Corresponding Author E-mail : ercan.olcer@kocaelisaglik.edu.tr

## I. GİRİŞ

Yapay zeka (YZ) finanstan sağlığa, ulaşımdan eğitime pek çok alanda devrimsel bir teknoloji olarak yer almaktadır. Her geçen gün yeni bir uygulama çıkmakta ve insan hayatına doğrudan müdahil olmaktadır. Öte yandan sağladığı yeni fırsatlar, verimlilik, karar vermede destekçi olma nitelikleri ile her alanda ilerleme sağlamaktadır. [1] Diğer yandan bu hızlı gelişim sistemlerin tehdit altında kalmasını ve yeni saldırılara açıklıkları da beraberinde getirmektedir. [2]

YZ güvenliği denilince, ortamı, donanım ve mimarisinin olduğu YZ altyapısının ve YZ modellerinin güvenliğinden bahsedilmektedir. YZ altyapısının siber saldırılara karşı korunması, saldırıların engellenmesi için ağ güvenliğinin sağlanması, YZ altyapısının çalışmasının anlaşılması ve değiştirilmemesi için gerekli engellemelerin yapılması şeklinde belirtilmektedir. YZ model güvenliği ise, YZ modelinin yanıtılması ve güvenliğinin sağlanması, geliştirilen YZ modelinin açıklarının araştırılması, manipüle edilmesi sorunlarıyla ve çözümleriyle uğraşır. Oldukça teferruatlı olan bu alanın her ikisi de YZ'nin hem ortam hem de model güvenliğinin gelişmesinin gerekliliğini göstermektedir.

YZ sistemleri, özellikle büyük dil modellerinde önyargı, yanlış bilgi ve gizlilik endişeleri gibi tehditlerle karşı karşıyadır. Bu riskler, gizlilik endişeleri ve gerçek dünya uygulamalarında zararlı sonuçlar olasılığı dahil olmak üzere önemli etkilere yol açabildiği gösterilmiştir. [3]

Bu tip zararların önlenmesi için çalışmalar da bulunmaktadır. Riskleri tanımlayan ve açık web uygulama güvenliği arttırmayı hedefleyen uluslararası bir topluluktur. 2023 yılında Açık Web Uygulamaları Güvenlik Projesi (OWASP) sonucu 10 başlık altında riskleri değerlendirmiş ve bir liste yayınlamıştır. Liste yapay zeka alanında en çok görülen ve görülmesi muhtemel riskleri içerir. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve makine öğrenimi (ML) kapsamında YZ bağlantılı uygulamaların korunması için güvenlik

çerçevelerin belirlenmesinin de önemi vurgulanmıştır. [4] Verilerin ve model parametrelerin siber saldırılara maruz kalması ve koruyucu önlemlerin alınması önemlidir. Hassas verilerin kriptografik yöntemlerle korunması gereklidir. Bu yöntemler verileri, algoritmaları ve yapay zeka içeriğini yetkisiz erişimlere karşı korumaktadır. [5] Özellikle verilerin paylaşımı için önemli olan öncelikle uçtan uca verilerin güvenli transferinin sağlanması için güvenli anahtar paylaşımı gereklidir. Diğer yandan, sadece kriptografik yöntemlerle veri güvenliğinin yanında uygulama tasarımının mimarilerine de dikkat edilmelidir. Güvenli YZ tabanlı sistemlerin tasarlanması ile ilgili olarak 16 maddeden oluşan mimari güvenlik yönergesi tasarlanmıştır. [6] Saldırıları algılamak ve önlemek, gizliliği sağlamak, sağlam modeller oluşturmak için güvenilir YZ sistemleri sağlamak amacıyla sıkı güvenlik ihtiyacını vurgulamaktadır [7].

## II. YZ İLE İLGİLİ TEHDİTLER VE SALDIRILAR

Temel olarak saldırı tiplerine bakıldığında ilk hedefin veriler olduğu görülebilir. Büyük Dil Modellerinde kullanılan makine öğrenmesi, derin öğrenme algoritmaların kullandıkları veriler oldukça önemli bir yer tutar. Dolayısı ile verisetleri içinde yer alan verilerin bütünlüğü kritiktir ve algoritmaların kullanılması sürecinde bozulmamalı ve hatalı üretime sebep olmamalıdır. Dolayısı ile verilere yönelik saldırılar YZ'nin doğru çalışmasını engelleyecek bozucu etkiler ile yapılır ve bu tehdit sistem güvenliği için en önemli unsurlardan biridir. [8]

YZ'nin sonuç üretmek üzere giriş verilerine bilinçli olarak konulan değiştirilmiş veriler ile YZ yanıtlanabilir. Algoritma değiştirilmiş veriler üzerinden öğrenme yapması nedeniyle yanlış sonuçlara ve sınıflandırmaya ulaşır. [9] Derin öğrenme yöntemiyle insan gözünün fark edemeyeceği kadar küçük değişikliklerle hatalı sınıflandırma yapabildiği gösterilmiştir. [10]

Diğer yandan YZ algoritmalarının eğitim için kullandıkları verilerin değiştirilmesi de hata yapmaya ve

yanlış sınıflandırmaya neden olacak bir saldırı tipidir. Bu şekilde eğitim süreci yanlış yönlendirilerek beklenmeyen sınıflandırma ve sonuçlara sebep olur. [11] Veri zehirleme olarak nitelendirilen bu yöntem Biggio ve arkadaşları [12] tarafından irdelenerek performansı önemli bir şekilde etkilediğini göstermiştir.

Başka bir saldırı cinsi de model kopyalama saldırısıdır. Bu saldırı tipinde YZ model yada algoritmasına müdahil olmadan ve eğitim verileri ile ilgilenmeden çıktılar elde edilmesi yada taklit edilerek değiştirilmesi hedeflenir. Bu saldırı ile belki de çok değerli verilerden elde edilen sınıflandırma sonuçlarına emek verilmeden ulaşılır. Bu sayede, saldırıyla ticari bir avantaj elde edilmesi ve fikri haklara saldırı gerçekleştirilmiş olur. [13] Başka bir saldırı tipi de özellikle sosyal medya ve haber sitelerinde ciddi problemlere neden olan yanlış bilginin üretilmesi ile ilgilidir. [14] Özellikle bu saldırı tipinde yanlış görüntü ve haber içerikleri üretilmektedir. Deepfake bu saldırının gelişmiş bir versiyonu olarak düşünülebilir. Özellikle gerçekçi ses, video üretimleri yaparak insanları kandırmaya yönelik gelişmiş bir saldırıdır. Bilginin manipüle edilmesi prensibine dayalı bu saldırı itibar zedeleme yada kimlik hırsızlığı ile sonuçlanmaktadır. [15] Sahte içerik üretme imkanı olan chatbotların yanıltıcı ve aldatıcı niteliği ekosistemi de tehdit etme potansiyeli bulunmaktadır. [16] GPT benzeri büyük dil modelleri sayesinde sahte haberler üretilebilmiştir.

### III. GÜVENLİK SORUNLARI VE ÖNLEMLER

YZ hızla gelişen ve çeşitli uygulama alanlarında yeni uygulamaları ile boy gösteren bir teknoloji olması nedeniyle güvenlik tehditlerine karşı zafiyetleri oluşmaktadır. Bu nedenle eski saldırılara karşı ve hızla gelişen yeni saldırı tiplerine karşı hızlı tepki vermesi ve önlemleri alınması gerekmektedir. [17] Bu önlemler ile ilgili olarak makine öğrenim metodlarının yapısını inceleyerek karşılaşılan problemleri detaylı incelenmiştir. [18]

YZ eğitimi için kullanılan verisetleri önemli veriler içerebilir. Özellikle kişisel verilerin olması durumunda kayı durumunda mahremiyeti zedeleyebilir. Mahremiyet bilgilerinin korunması gizliliğin sağlanması kritik öneme sahiptir. [19]

YZ modellerinin eğitim verilerinin gizliliğinin ortadan kalkması konusu Shokri ve arkadaşları [20] tarafından detaylı olarak incelenmiş ve önemli sorunların oluştuğu belirlenmiştir.

YZ modellerinin nispeten karmaşıklığı ve zor olması "kara kutu" olarak nitelendirilecek yapıların varlığı nedeniyle yeterince açık veya şeffaf olmaması olası açıklıkların olmasını ve bunların açıklığa kavuşturulmasını engellemektedir. Bu nedenle kodların ve model mimarilerinin iyi tanımlanması ve açıklanması gereklidir. Bu güvenilir YZ kod geliştirilmesi için kritik olacaktır. [21] YZ sistemlerinin şeffaf olarak tanımlamak ve izlenebilir hale getirilmesini sağlamak olası açıklıkların tespitini oldukça kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Bu nedenle açıklanabilir olma yani YZ modellerinin karar alma fonksiyonları açık olan sistemlerin geliştirilmesi denetimlerin kolaylaştırılması nedeniyle elzemdir. [22] Diğer taraftan sistemin

denetlenebilir olması ve testlerinin yapılması olası açıklıkların erken belirlenmesini sağlayacaktır. [23] Tüm bu süreçlerde yani şeffaflığın sağlanması ve testlerin yapılması akışında iyi bir dokümantasyon analiz yapmaya ve geriye yönelik açıklık tespitlerinin yapılmasını önemli ölçüde kolaylaştırır. [24] Diğer yandan YZ ile ilgili etik ve yasal birçok zorluk bulunmaktadır. YZ'nin çıktılarında etkilenen tarafların yasal dayanaklarının ne olacağı önemli bir tartışmadır. Bu sistemlerin nasıl denetleneceği ve düzenleneceği ile ilgili konular hala belirlenmiş değildir. [25] İlgili güvenlik stratejilerinin geliştirilmesi uzun bir süreçtir. Sorunun çözülmesi için öncelikle uluslararası standartların geliştirilmesi ve ortak bir anlayışa gelinmesi gerekmektedir. [26] YZ uygulamalarının geliştirilmesi için ayrıca etik kılavuzların geliştirilmesi ve kullanımının açıklanmasını ihtiyaç vardır. Bu çalışma ile güvenlik riskleri azaltılmış olur. [27] Bu standart ve etik kuralların ayrıca yasal düzenlemeler ile hayata geçirilmesi gerekmektedir. Dolayısı ile YZ kullanımı ve geliştirilmesi sürecinde tarafların yasal sorumluluklarının belirlenmesi ve güvenlik standartlarına uygulanmasının zorunlu hale getirilmesi sağlanmış olur. [28] Bu amaçla ilk defa Avrupa Birliği Komisyonu 21 Mayıs 2024 tarihinde "AI Act" isimli bir yasal çerçeveyi 24 ay sonra geçerli olmak üzere onayladı. Buna göre YZ sistemlerinin geliştirilmesi ve sağlığa etkisi, temel insan haklarının YZ karşısındaki durumu, güvenlik, şeffaflık ve etik standartlara uygunluğunu yakından izleme kararı aldı.

Veri Güvenliği ile ilgili tehditlerin ortadan kaldırılabilmesi için çözüm olarak belli başlı bilgi güvenliği konularında halihazırda kullanılan bazı yöntemlerin uygulanması sözkonusudur. Örneğin verilerin şifrelenmesi ve şifreli olarak iletilmesi saldırganların kritik verilere erişimini önleyecektir. [29] Verilerin dış saldırganlara karşı anonim hale getirilmesi ve maskelenerek veri gizliliğinin sağlamak bakımından faydalı olacaktır. [30] Yine veri güvenliğinin artırılması için yetkisiz erişimlerin kontrol edilmesi ve yetki kontrolünün yapılması önemlidir [31].

### IV. SONUÇ

YZ hızla gelişen bir teknoloji olması nedeniyle bu makalede incelenen tehditler saldırılar ve bu konuda yapılan çalışmalar ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir. YZ sistem güvenliğinin sağlanmasının kritikliği olduğu kadar üstesinden gelmenin zorluğu da ortaya konmuştur. Özellikle veri temelinde yapılan saldırılar, YZ modellerine olan tehditler, model hırsızlığı, yanıltma ve yanlış veri üzerinden manipülasyon yapma tehditleri YZ güvenliğini ve doğruluğunu ciddi tehdit etmektedir.

Güvenli verilerin kullanılması, veri yönetiminin yapılması, şeffaflık ve model içeriklerinin ayrıntılı tanımlanması yanında yasal çerçevelerin devreye girmesi ile hızla gelişen bu teknolojiye uyum sağlanması ve adaptasyonu gerekmektedir.

Siber saldırılara karşı direçliliğin artırılması ve veri gizliliği yanında modellerin açık modeller olarak sunulması kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca YZ uygulamalarının denetlenebilir olması ve yasal çerçeveler doğrultusunda uyumlu yazılımları geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için

yerel uygulamalarda denetim gerektiği gibi özellikle çevrimiçi çalışan YZ uygulamalarının uluslararası platformlarda işleyen kurallar çerçevesinde de denetlenir olması önemli olacaktır. Bunun için halen ağır aksak ilerleyen standart geliştirme ve yasal zorunlukların belirlenmesi çalışmalarına hız vermek gerekmektedir.

YZ her alanda boy göstermeye devam ederken konunun sadece bir teknoloji çalışması olarak değil sosyal bir olgu olması boyutuyla da ele alınarak gerekli etik ve yasal boyutlarının bir an önce tartışılarak neticelendirilmesi elzemdir. Bu bakımdan her kesimin tüm boyutları ile multidisipliner çalışması beklenir.

Sonuç olarak, YZ'nın günümüz teknolojisi olarak değer verilirken gelecek teknolojisi olması doğrultusunda da ilerlerken gecikmeden potansiyel riskleri en aza indirmek için gayret göstermek gereklidir. Bu doğrultuda çalışmaların hızlandırılması güvenilir ve etik nitelikte YZ uygulamalarının geliştirilmesi için temel alınmalıdır.

#### KAYNAKÇA

- [1] S. Russell ve P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Global Edition, Pearson Education, 2021.
- [2] M. Brundage, S. Avin, J. Clark, H. Toner, P. Eckersley, B. Garfinkel, A. Dafoe, P. Scharre, T. Zeitoff, B. Filar, H. Anderson, H. Roff, G. C. Allen, J. Steinhardt, C. Flynn, S. Ó. hÉigeartaigh, S. Beard, H. Belfield, S. Farquhar, C. Lyle, R. Crootof, O. Evans, M. Page, J. Bryson, R. Yampolskiy ve D. Amodei, *The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation*, 2018.
- [3] M. Rahaman, P. Pappachan, S. M. Orozco, S. Bansal ve V. Arya, «AI Safety and Security,» %1 içinde *Challenges in Large Language Model Development and AI Ethics*, IGI Global, 2024, p. 354–383.
- [4] P. Vassallo, «Using AI to Improve Writing Creativity, Productivity, and Quality,» *ACS Chemical Health & Safety*, August 2024.
- [5] J. L. Cano Garcia, I. Patrick Udechukwu, I. B. Ibrahim, I. John Chukwu, H. Dağ, V. Dimitrova ve E. Mollakuqe, «Securing AI Systems: A Comprehensive Overview of Cryptographic Techniques for Enhanced Confidentiality and Integrity,» %1 içinde *2024 13th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 2024.
- [6] S. Schneider, A. Saha, E. Mezzi, K. Tuma ve R. Scandariato, *Designing Secure AI-based Systems: a Multi-Vocal Literature Review*, arXiv, 2024.
- [7] R. Galiautdinov, «Securing the Future of Artificial Intelligence: A Comprehensive Overview of AI Security Measures,» %1 içinde *The Use of Artificial Intelligence in Digital Marketing*, IGI Global, 2023, p. 188–207.
- [8] B. Biggio ve F. Roli, «Wild Patterns: Ten Years After the Rise of Adversarial Machine Learning,» %1 içinde *Proceedings of the 2018 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 2018.
- [9] I. J. Goodfellow, J. Shlens ve C. Szegedy, *Explaining and Harnessing Adversarial Examples*, 2014.
- [10] C. Szegedy, W. Zaremba, I. Sutskever, J. Bruna, D. Erhan, I. Goodfellow ve R. Fergus, *Intriguing properties of neural networks*, 2013.
- [11] M. Jagielski, A. Oprea, B. Biggio, C. Liu, C. Nita-Rotaru ve B. Li, «Manipulating Machine Learning: Poisoning Attacks and Countermeasures for Regression Learning,» %1 içinde *2018 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*, 2018.
- [12] B. Biggio, B. Nelson ve P. Laskov, *Poisoning Attacks against Support Vector Machines*, 2012.
- [13] G. Ateniese, L. V. Mancini, A. Spognardi, A. Villani, D. Vitali ve G. Felici, «Hacking smart machines with smarter ones: How to extract meaningful data from machine learning classifiers,» *International Journal of Security and Networks*, cilt 10, p. 137, 2015.
- [14] K. Shu, A. Sliva, S. Wang, J. Tang ve H. Liu, «Fake News Detection on Social Media: A Data Mining Perspective,» *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, cilt 19, p. 22–36, September 2017.
- [15] M. Westerlund, «The Emergence of Deepfake Technology: A Review,» *Technology Innovation Management Review*, 2019.
- [16] R. Zellers, A. Holtzman, H. Rashkin, Y. Bisk, A. Farhadi, F. Roesner ve Y. Choi, *Defending Against Neural Fake News*, 2019.
- [17] N. Papernot, P. McDaniel, S. Jha, M. Fredrikson, Z. B. Celik ve A. Swami, «The Limitations of Deep Learning in Adversarial Settings,» %1 içinde *2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)*, 2016.
- [18] N. Papernot, P. McDaniel, A. Sinha ve M. P. Wellman, «SoK: Security and Privacy in Machine Learning,» %1 içinde *2018 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)*, 2018.



- [19] M. Abadi, A. Chu, I. Goodfellow, H. B. McMahan, I. Mironov, K. Talwar ve L. Zhang, «Deep Learning with Differential Privacy,» %1 içinde *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 2016.
- [20] R. Shokri, M. Stronati, C. Song ve V. Shmatikov, «Membership Inference Attacks Against Machine Learning Models,» %1 içinde *2017 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*, 2017.
- [21] R. Guidotti, A. Monreale, S. Ruggieri, F. Turini, F. Giannotti ve D. Pedreschi, «A Survey of Methods for Explaining Black Box Models,» *ACM Computing Surveys*, cilt 51, p. 1–42, August 2018.
- [22] D. Gunning ve D. W. Aha, «DARPA’s Explainable Artificial Intelligence Program,» *AI Magazine*, cilt 40, p. 44–58, June 2019.
- [23] I. D. Raji, A. Smart, R. N. White, M. Mitchell, T. Gebru, B. Hutchinson, J. Smith-Loud, D. Theron ve P. Barnes, «Closing the AI accountability gap: defining an end-to-end framework for internal algorithmic auditing,» %1 içinde *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2020.
- [24] S. Schelter, J.-H. Böse, J. Kirschnick, T. Klein ve S. Seufert, «Automatically Tracking Metadata and Provenance of Machine Learning Experiments,» 2017.
- [25] C. Cath, S. Wachter, B. Mittelstadt, M. Taddeo ve L. Floridi, «Artificial Intelligence and the ‘Good Society’: the US, EU, and UK approach,» *Science and Engineering Ethics*, March 2017.
- [26] «Ethically Aligned Design - A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems,» *Ethically Aligned Design - A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems*, pp. 1-294, 2019.
- [27] A. Jobin, M. Ienca ve E. Vayena, «The global landscape of AI ethics guidelines,» *Nature Machine Intelligence*, cilt 1, p. 389–399, September 2019.
- [28] R. Calo, "Artificial Intelligence Policy: A Primer and Roadmap," *University of Bologna Law Review*, vol. Vol 3, p. No 2 (2018), 2018.
- [29] K. Bonawitz, V. Ivanov, B. Kreuter, A. Marcedone, H. B. McMahan, S. Patel, D. Ramage, A. Segal ve K. Seth, «Practical Secure Aggregation for Privacy-Preserving Machine Learning,» %1 içinde *Proceedings of the 2017 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, New York, NY, USA, 2017.
- [30] N. Li, T. Li ve S. Venkatasubramanian, «t-Closeness: Privacy Beyond k-Anonymity and l-Diversity,» %1 içinde *2007 IEEE 23rd International Conference on Data Engineering*, 2007.
- [31] Chung, D. Ferraiolo, D. Kuhn, A. Schnitzer, K. Sandlin, R. Miller and K. Scarfone, *Guide to Attribute Based Access Control (ABAC) Definition and Considerations*, Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2014.

# YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE BEYİN DOKULARININ SEGMENTASYONU VE SINIFLANDIRILMASI

İsmet KARADUMAN<sup>1</sup>, Meltem KURT PEHLİVANOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 41380, Türkiye, **ORCID**:0009-0003-8992-3214

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 41380, Türkiye, **ORCID**:0000-0002-7581-9390

Article Info	Abstract
<b>Oral Presentation</b>	Sağlık alanında yapılan çalışmaların ve alınan kararların birçoğu insan hayatını etkileyebilecek düzeyde önemlidir. İnsan hayatının söz konusu olduğu böylesine önemli bir alanda elde edilen verilerin en iyi şekilde analiz edilmesi, yorumlanması ve değerlendirilmesi, yapılan çalışmaların ve alınan kararların doğruluğunu artırmaktadır. Özellikle son yıllarda bu alanda yapay zekâ destekli çalışmalar oldukça önemli bir yere sahiptir. Tıbbi görüntülerin segmentasyonu ve benzer özelliklere sahip olanlarının bir araya getirilerek sınıflandırılması ile elde edilen sonuçların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, yapılan çalışmalara olumlu katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmada özellikle son yıllarda yapay zekâ yöntemleriyle gerçekleştirilen beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmalara odaklanılmıştır. Bu doğrultuda, çalışmanın ilk bölümünde beyin dokularının segmentasyonuna ve sınıflandırmasına yönelik tıbbi görüntüleme tekniklerine yer verilmiştir. Sonrasında bu alanda kullanılan veri kümeleri ve özellikleri açıklanmış; ardından segmentasyon ve sınıflandırma öncesinde gerçekleştirilen ön işleme adımlarına değinilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise, beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmalar, kullanılan yöntemler ve elde edilen sonuçlar ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.
<b>Keywords</b>	
<i>Medikal görüntü, Bölütme, Sınıflandırma, Görüntü İşleme, Derin Öğrenme</i>	

\*Corresponding Author E-mail : ismet.karaduman@kocaelisaglik.edu.tr

## I. GİRİŞ

Günümüzde gelişen görüntüleme teknikleri sayesinde geçmiş yıllara kıyasla daha yüksek kalitede ve anlaşılır medikal görüntüleri elde etmek mümkün hale gelmiştir. Ancak, bu görüntülerin doğru şekilde analiz edilmesi ve yorumlanması, halen üzerinde çalışılması gereken önemli bir araştırma konusudur. Son yıllarda özellikle yapay zekâ destekli segmentasyon yöntemleri, medikal görüntülerdeki detayları daha net ve ayrıntılı bir şekilde ortaya koyarak, görüntüler üzerinde daha kapsamlı ve detaylı analizler yapılmasına olanak sağlayabilmektedir. Bu sayede görüntünün ait olduğu sınıf daha isabetli ve doğru bir şekilde belirlenebilmekte, teşhis ve tedavi süreçlerinde daha doğru kararlar alınabilmektedir.

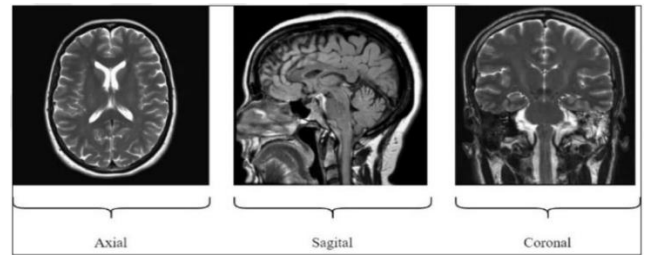
Beyin hastalıkları, dünya genelindeki ölüm ve engellilik oranlarına bakıldığında önemli bir sağlık sorunudur [1]. Güncel Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) raporuna göre, 2023 yılında hayatını kaybeden 525.814 kişinin %33,4'ü dolaşım sistemi hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Bu oranın %18,6'sını ise inme gibi serebro-vasküler hastalıklar oluşturmaktadır [2]. Bu nedenle bu alanda doğru teşhis ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi insan hayatı açısından kritik bir öneme sahiptir.

Bu çalışmanın temel amacı, özellikle son yıllarda yapay zekâ yöntemleriyle beyin dokularının segmentasyonu ve sınıflandırılmasına yönelik yapılan çalışmaları incelemektir. Çalışma, beyin dokusu segmentasyonu ve sınıflandırmasında kullanılan tıbbi görüntüleme tekniklerini, görüntüler üzerinde gerçekleştirilen ön işlem adımlarını, bu görüntülerin segmentasyon ve sınıflandırılmasında tercih edilen yapay zekâ yöntemlerini ve elde edilen sonuçları kapsamaktadır. Bu araştırmadan elde edilen bulgular, beyin hastalıklarının teşhis ve tedavisine önemli katkılar sağlayabilir ve gelecekteki araştırmalar için yeni bir zemin oluşturabilir.

## II. TIBBİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ

Sağlık alanında yaşanan teknolojik gelişmeler hastalıkların daha erken bir evrede teşhis edilmesine ve etkili tedavilere olanak sağlamaktadır. Özellikle manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT), ultrason ve röntgen gibi görüntüleme teknikleri, vücudun iç yapısı hakkında detaylı bilgileri sağlık çalışanlarına sunarak, onların hastalıkları daha erken safhada ve en doğru şekilde teşhis etmelerine olanak sağlamaktadır.

Çok güçlü bir mıknatıs ve radyo dalgalarının kullanımıyla görüntü elde edilmesini sağlayan ve iyonizan radyasyon içermeyen, kesitsel bir radyolojik inceleme yöntemi [3] olan Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), beyin dokularının segmentasyonu ve sınıflandırılması çalışmalarında en fazla tercih edilen görüntüleme yöntemidir.



Şekil 1. MRG Düzlemleri [4]

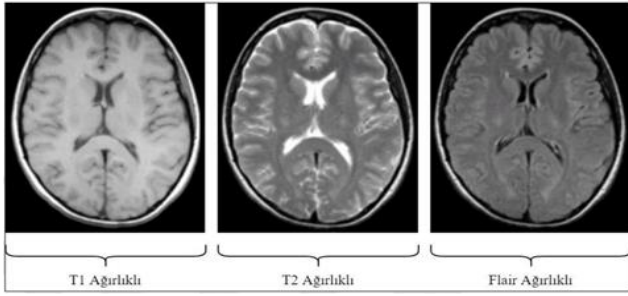
MR görüntüleri Şekil-1'de gösterildiği üzere 3 farklı düzlemde elde edilmektedir. Bunlar;

Üst (Axial)

Yan (Sagittal)

Arka (Coronal) dır.

Ayrıca bu görüntülere ait temel sekanslardan bazıları Şekil-2’te gösterilmektedir.



Şekil 2. MRG Sekansları [5]

T1 ağırlıklı sekanslar, genellikle anatomiyi, sıvının koyu, yağlı dokuların ise parlak görüldüğü şekilde gösterir ve bu da onları anatomik yapıları ve belirli patolojileri görselleştirmek için kullanışlı hale getirir. T2 ağırlıklı görüntüler, ödem veya beyin omurilik sıvısı gibi sıvı içeren yapıları parlak gösterir. FLAIR (Sıvı Zayıflatılmış Ters Çevirme) sekans ise, vücuttaki sıvılardan gelen sinyali baskılamak ve sıvılar ile çevre dokular arasındaki kontrastı artırmak için kullanılan diğer görüntüleme tekniğidir [4], [5].

Özellikle son yıllarda nörobilimciler tarafından beyindeki yapısal bağlantılar hakkında benzersiz bilgileri ortaya çıkarmak için kullanılan Difüzyon Manyetik Rezonans Görüntüleme (dMRG) tekniği beyin dokularının görüntülenmesinde kullanılan diğer bir görüntüleme tekniğidir. dMRG, görüntü kontrastının dokudaki su moleküllerinin difüzyonuna dayandığı invaziv olmayan bir görüntüleme tekniğidir [6] ve düşük kalitedeki verilerden segmentasyon tahmininde kullanılabilir. Örneğin, Zhang ve arkadaşlarının [7] yapmış olduğu çalışmada kullanılan Evrişimli Sinir Ağı (CNN), yüksek kalitede kaydedilmiş anatomik MRG ve daha düşük kalitedeki dMRI verileri ile eğitilmiş ve sonrasında anatomik MRG verilerine ihtiyaç duymadan doğrudan dMRI verileri üzerinden yeni deneklere ait doku segmentasyonunu başarı ile tahmin edebilmiştir.

X-ışınlarını kullanarak vücudun belirli kesitlerinin ayrıntılı görüntülerini oluşturan bilgisayarlı tomografi, beyin dokularının segmentasyonunda kullanılan diğer bir görüntüleme tekniğidir. Örneğin, Polat ve Kartal [8] yaptıkları çalışmada, Res2Net omurgalı U-Net derin öğrenme modelini kullanarak beyin inme segmentasyonu için 1093 hemorajik ve 1130 iskemik inme türünü içeren toplamda 2223 BT görüntüsünden yararlanmışlardır.

### III. BEYİN DOKU SEGMENTASYONU VE SINIFLANDIRMASINDA KULLANILAN VERİ KÜMELERİ

Tıbbi görüntü verilerinin yapay zekâ destekli analizine olan ilgi arttıkça, mevcut verilerle kullanılan yöntemlerin doğrulanmasına olan ihtiyaç da artmaktadır. Özellikle son yıllarda beyin dokularının segmentasyonu ve sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmalarda tercih edilen veri kümelerine ait bilgiler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

**BrainWeb** veri kümesi [9][10], bir MRG simülatörü tarafından üretilen gerçekçi MR görüntülerini içermektedir. Görüntüler normal ve MS lezyon olmak üzere iki temel anatomik modele göre şekillenmektedir. Örneğin normal anatomik modelde MR görüntüsü 3 modalite (T1, T2, PD), 5 dilim kalınlığı (1 mm, 3 mm, 5 mm, 7 mm, 9 mm), 6 gürültü seviyesi (%0, %1, %3, %5, %7, %9) ve 3 yoğunluk düzeyine (%0, %20, %40) göre oluşturulmaktadır.

**HCP (Human Connectome Project)** veri kümesi [7] [11][12][13], insan beyninin işlevi ve davranışı hakkında nörolojik temelleri keşfetmeyi amaçlayan büyük ölçekli bir projedir. Bu proje kapsamında 1100'den fazla sağlıklı genç ve yetişkin katılımcıdan MRG, dMRG, fMRG gibi gelişmiş görüntüleme teknikleri ile veri toplanmaktadır. Toplanan veriler, kamuya açık hale getirilmekte ve isteyen araştırmacılar ile paylaşılmaktadır. Paylaşılan veriler kaliteli difüzyon MRG (dMRG) görüntüleri içerdiğinden, modelin doğruluğunu artırmada önemli bir rol oynamaktadır.

**MIRIAD (The Minimal Interval Resonance Imaging in Alzheimer’s Disease)** veri kümesi [14], 46 hafif-orta düzeyde Alzheimer hastası ve 23 kontrol grubundan elde edilen bir dizi, uzunlamasına (longitudinal) T1 ağırlıklı MR görüntülerini içermektedir. Bu veri kümesi 2, 6, 14, 26, 38 ve 52 hafta, 18 ve 24 ay süreyle, aynı radyografist tarafından, aynı tarayıcı ve sekanslarla toplam 708 tarama ile oluşturulmuştur. Veri kümesi, cinsiyet, yaş ve Mini Mental Durum Değerlendirmesi (MMSE) puanları gibi ek bilgileri de içermektedir. Kohort ve görüntüleme sonuçlarının detayları hakemli yayınlarda açıklanmıştır. Ayrıca elde edilen veriler araştırmacıların uzunlamasına hacim değişimini ölçmek için teknikler geliştirmeleri, doğrulamaları ve karşılaştırmaları amacıyla kamuya açık bir kaynak olarak sunulmuştur.

**BraTS (Brain Tumor Segmentation)** veri kümesi [15], beyin tümörlerinin segmentasyonu üzerine yapılan araştırmalar için geniş çapta kullanılan bir veri kümesidir. Bu veri kümesi, farklı beyin tümörü türlerini (özellikle glioma) otomatik olarak tanımlamak ve segmentasyon algoritmalarını geliştirmek amacıyla oluşturulmuştur. BraTS veri kümesi, 2012 yılından beri her yıl düzenlenen Brain Tumor Segmentation Challenge kapsamında toplanan verilerden oluşmaktadır. Bu veri kümesindeki MR görüntüleri NIFTI formatındadır.

**Figshare** veri kümesi [16], üç tür beyin tümörüne sahip 233 hastadan elde edilen, menenjiyom (708), glioma (1426) ve hipofiz tümörü (930) olmak üzere 3064 T1 ağırlıklı kontrastı artırılmış görüntü içerir.

**iSeg-2017 (Infant Brain MRI Segmentation Challenge)** veri kümesi [17], 6 aylık bebeklere ait MR görüntülerinin segmentasyonu ile T1 ve T2 sekanslarında karşılık gelen yapılar üzerinden karşılaştırılmasını sağlayacak, yarı otomatik algoritmaların geliştirilmesine yönelik düzenlenen bir yarışmadan elde edilen verileri içermektedir. Toplamda 23 deneye ait olan verilerin 10

deneğe ait olanları eğitim, 13 deneğe ait olanları ise test verisi olarak gruplandırılmıştır.

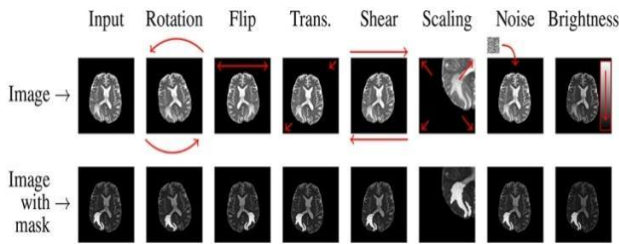
**ATLAS (Anatomical Tracings of Lesions After Stroke)** veri kümesi [18], inme rehabilitasyonu ve MR görüntülerindeki lezyonların segmentasyonu için kullanılan açık erişimli bir veri kümesidir. Bu veri kümesi, inme geçirmiş hastalara ait T1 ağırlıklı 1271 MR görüntüsünü içermektedir. Bu görüntülerin 655'i eğitim amacıyla kamuya açık, 300'ü test amacıyla gizli maskeli ve 316'sı ise tamamen gizli statüsündedir.

**ADNI (Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative)** [19][20], 2003 yılında baş araştırmacı Michael W. Weiner liderliğinde kamu-özel ortaklığı olarak başlatılmıştır. ADNI'nin temel amacı, seri manyetik rezonans görüntüleme (MRG), pozitron emisyon tomografisi (PET), diğer biyolojik belirteçler ile klinik ve nöropsikolojik değerlendirmelerin, hafif bilişsel bozukluk (MCI) ve erken Alzheimer hastalığının (AD) ilerlemesini ölçmek üzere birleştirilip birleştirilemeyeceğini test etmektir. Bu doğrultuda ADNI veri kümesi, uzunlamasına klinik, görüntüleme, genetik ve diğer biyobelirteç verilerinin kapsamlı ve yaygın olarak kullanılan bir koleksiyonudur.

**CBTN (Children's Brain Tumor Network)** [21], Kamuya açık büyük ölçekli bir görüntüleme veri kümesidir. Farklı tarama ve protokoller üzerinde birden fazla kurumdan elde edilen çoklu PBT (Pediatrik Beyin Tümörü) türlerinin çoklu parametrik MR görüntülerini içerir.

#### IV. BEYİN DOKU SEGMENTASYONU VE SINIFLANDIRMASI ÖNCESİ YAPILAN İŞLEMLER

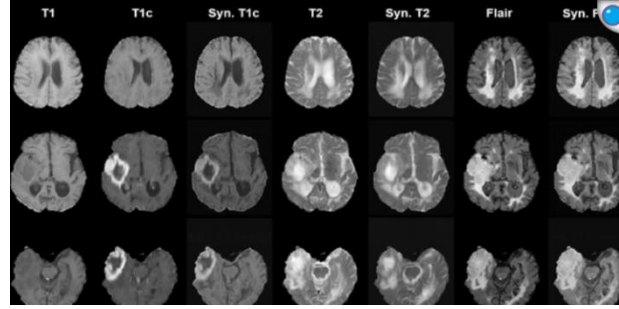
Medikal görüntülerin yapay zekâ yöntemleriyle segmentasyonu ve sınıflandırılması için öncelikle bu görüntülerin düzenlenmesi, segmentasyon ve sınıflandırma modelleri için uygun hale getirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Görüntü Ön İşleme Adımları [22]

Görüntü ön işleme bu alanda yapılan hemen hemen her çalışmada ele alınan bir konudur ve Şekil-3'te ayrıntılı olarak gösterilen işlemlerden oluşmaktadır.

Ayrıca elde mevcut bulunan verinin yetersiz olduğu durumlarda, veri çoğaltma işlemi yapılarak tasarlanan modelin daha doğru çalışması sağlanabilmektedir.



Şekil 4. Görüntü Çoğaltma [24]

Veri çoğaltma, hâlihazırda var olan verilerin biraz değiştirilmiş kopyalarını kullanarak veya mevcut verilere yeni oluşturulan sentetik verileri ekleyerek verilerin yeterliliğinin ve çeşitliliğinin artırılmasıdır. Veri çoğaltma sayesinde, modelin aşırı uyum problemi engellemekte ve güvenilirliği artmaktadır [23]. Şekil-4'te T1, T2, Flair sekanslarındaki görüntülerden sentetik verilerin üretilmesine yönelik örnek görüntülere yer verilmiştir.

#### V. BEYİN DOKU SEGMENTASYONU VE SINIFLANDIRMASINA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Son yıllarda, tıbbi görüntüleme tekniklerinde ve bu görüntülerin analizi için kullanılan yapay zekâ tabanlı yöntemlerdeki önemli gelişmeler, beyin dokularının ve nöronal yapıların daha detaylı bir şekilde incelenmesine olanak sağlamıştır. Bu bağlamda özellikle son yıllarda yapılan çalışmalara ait bilgiler ve kullanılan yöntemler Tablo-1 de sunulmuştur. Tabloda yer alan çalışmaların ayrıntıları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Karimi ve arkadaşlarının [25] yaptığı çalışmada, fetal beyin MR görüntülerinde segmentasyon problemi ele alınmakta ve özellikle gürültülü etiketlerden öğrenme konusuna odaklanılmaktadır. Çalışmada çok sayıda 3D görüntünün manuel etiketlenmesindeki zorluğu gidermek için çoklu Atlas segmentasyon stratejisi kullanılmıştır. Ayrıca modelin eğitimi için 19-39 gebelik haftasını kapsayan 272 görüntüden yararlanılmıştır. Önerilen yöntem erken dönem ve geç dönem fetüs görüntülerinde sırasıyla %89,3 ve %91,6 ortalama Dice skoruna ulaşmıştır.



Tablo 1. Literatür Araştırması

Sıra No	Makale Adı	Yıl	Kullanılan Veri Kümesi	Kullanılan Modeller	Sınıflandırma Başarımlar Oranları (Doğruluk, F1 skor, Hassasiyet, Duyarlılık Değerleri)
1	Learning to segment fetal brain tissue from noisy annotations [25]	2023	Özel veri kümesi	U-Net tabanlı derin öğrenme mimarisi	İlk evre fetüslerde DICE skor: %89,3 Son evre fetüslerde DICE skor: %91,6
2	An advanced fuzzy C-Means algorithm for the tissue segmentation from brain magnetic resonance images in the presence of noise and intensity inhomogeneity [9]	2023	BrainWeb	Kaotik Tabanlı Geliştirilmiş Ateşböceği Algoritması ile entegre Bulanık C-Means Algoritması (CEFAFCM)	Farklı görüntü seviyelerine ait DICE skor, Duyarlılık, Özgüllük ve Doğruluk ölçümleri elde edilmiştir.
3	Deep learning based segmentation of brain tissue from diffusion MRI [7]	2021	Human Connection Project (HCP), Clinical Acquisition Protocol (CAP)	U-Net ve CNN tabanlı derin öğrenme mimarisi	Tüm beyin bölgesi HCP verileri üzerinde %90.48, VERIO verileri üzerinde %80.30 doğruluk oranı
4	Improving brain atrophy quantification with deep learning from automated labels using tissue similarity priors [19]	2024	MIRIAD, ADNI	Derin öğrenme İşlem hattı (Doku benzerliği kontrolü, etiketsiz verilerle eğitim, boylamsal değerlendirme, 3D-Unet mimarisi)	MIRIAD veri kümesinde Cohen's d etkisi: 2.07 ADNI1 veri kümesinde Cohen's d etkisi: 1,37
5	Automated tumor segmentation and brain tissue extraction from multiparametric MRI of pediatric brain tumors: A multi-institutional study [21]	2023	Children's Hospital of Philadelphia (CHOP) / Children's Brain Tumor Network (CBTN) Protocol.	3D CNN tabanlı mimari (Deep Medic (v0.7.1))	DICE skor: %91
6	CAN: Context-assisted full Attention Network for brain tissue segmentation [26]	2023	PWML, dHCP2017, MALC2012	DenseNet tabanlı CAN (Bağlam destekli dikkat ağı)	DICE skor: dHCP2017: %90.82, PWML: %82.21, MALC2012: %89.99
7	Improved neurological diagnoses and treatment strategies via automated human brain tissue segmentation from clinical magnetic resonance imaging [11]	2024	Lifespan Human Connectome Projects (HCP)	Kesirli Henry At Sürüşü Gaz Optimizasyonu tabanlı Shepard Evrişimli Sinir Ağı (FrHHGO based ShCNN)	%93.2 Hassasiyet, %91.5 Hatırlama, %91.1 DICE skoru ve %90.5 F1 skoru
8	An efficient method for MRI brain tumor tissue segmentation and classification using an optimized support vector machine [27]	2024	BraTS2021, Figshare	Olasıksal Bulanık C-Kümeleme Algoritması (PFCM) ve Destek Vektör Makineleri (SVM)	BraTS2021: Duyarlılık: 0,999, Özgüllük: 1, Doğruluk: 0,999 Figshare: Duyarlılık: 0,998, Özgüllük: 0,999, Doğruluk: 0,999
9	Denosing diffusion models for 3D healthy brain tissue inpainting [28]	2024	BraTS 2023, MS dataset	3D sağlıklı beyin dokusu boyama, 2D slice-wise, Pseudo 3D, DDPM 3D mem-eff, 3D Latent, 3D Dalga dönüşümü.	Yapısal doğruluk indeksi SSIM: 0.8527 Ortalama Kare Hatası MSE: 0.0103 Tepe Sinyal Görülme Oranı PSNR: 20.93 DICE skor: %85,69 (CSF), 0.8234 (GM), 0.9846 (WM)
10	Brain tissue segmentation in neurosurgery: a systematic analysis for quantitative tractography approaches [29]	2023	Araştırma Makalesi Brainweb, IBRS, TCIA, HCP	Çalışmada traktografik görüntülerin analizi için kullanılan araçlar (AMINA, CAMINO, PANDA vb.) ile CNN ve U-net segmentasyona yönelik araçlara değinilmiştir.	Traktografik görüntülerin analizi için kullanılan ölçümlendirmeler FBL, AD, RD, MD,FA, ICV dir.
11	Fine-grained brain tissue segmentation for brain modeling of stroke patient [30]	2023	ATLAS, özel veri kümesi	3D U-Net derin öğrenme mimarisi	Ortalama DICE skor: %94,45 Etkilenen doku segmentasyonu için; DICE skor: %55,96, Hassaslık: 0.6036, Geri Çağırma: 0.6319
12	Brain Tissue Segmentation Across the Human Lifespan Via Supervised Contrastive Learning [12]	2023	Lifespan Human Connectome Projects (HCP)	Denetimli Kontrastif Öğrenme (Supervised Contrastive Learning)	DICE skor; Gri madde (94.2 ± 1.1), Beyaz madde (95.7 ± 1.0), Omurilik Sıvısı CSF (88.5 ± 3.8)
13	A novel approach for brain tissue segmentation and classification in infants' MRI images based on seeded region growing, foster corner detection theory, and sparse autoencoder [31]	2023	iSeg-2017	Ağırlıklı KNN ve Seyrek otomatik kodlayıcı (SAE)	DICE skor: %93

Beyin MRG'lerinin doğru segmentasyonu, dokuların karmaşık anatomik yapısı, yoğunluk homojenliği (IIH), gürültü ve kısmi hacim etkilerinin (PVE) varlığı nedeniyle oldukça zordur. Gudise ve arkadaşları [9] yaptıkları çalışmada bu zorluğun üstesinden gelmek için klasik bulanık C-ortalama algoritması ile kaotik tabanlı gelişmiş ateşböceği algoritmasını bir arada kullanmışlardır. Tasarlanan model BrainWeb veri kümesi ile test edilmiştir. Deneysel sonuçlar yöntemin bulanık C-ortalama yönteminin varyantları olan BCFCM (Bias Düzeltmeli Bulanık C-Ortalama), FAFCM (Ateşböceği Algoritması Tabanlı Bulanık C-Ortalama), En-FAFCM (Geliştirilmiş Ateşböceği Algoritması Tabanlı Bulanık C-Ortalama) yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Zhang ve arkadaşları [7] ise derin öğrenme yöntemlerini kullanarak difüzyon MR görüntülerinden beyin dokusu segmentasyonu yapmayı amaçlamışlar bu nedenle DDseg olarak adlandırdıkları bir derin öğrenme modelini önermişlerdir. Modelde U-Net ve CNN gibi derin öğrenme mimarilerine yer verilmiştir. Modelin eğitim ve testi için kullanılan T1, T2 ağırlıklı MR görüntüleri beş farklı kaynaktan (1-Human Connection Project (HCP), 2-3-4-5 Clinical Acquisition Protocol (CAP)) elde edilmiştir. Modelin doku segmentasyonu için hesaplanan Dice skoru HCP verilerinde %89.85 ve CAP verilerinde %76,68 olarak gerçekleşmiştir.

Cleriques ve arkadaşları [19] ise, yaptıkları çalışmada derin öğrenme yöntemlerinden beyin atrofisinin nicelleştirilmesi konusunda yararlanmışlardır. Araştırmacılar MR görüntülerinden elde edilen doku hacimlerinin daha doğru ve tutarlı bir şekilde ölçülmesini sağlamak için yeni bir derin öğrenme işlem hattı geliştirmişlerdir. Geliştirilen derin öğrenme işlem hattının eğitiminde, T1 ağırlıklı MRG taramalarından elde edilen etiketli verilere yer verilmiştir. MIRIAD ve ADNI1 veri kümelerinin kullanıldığı çalışmada Alzheimer hastaları ile sağlıklı bireyler arasındaki beyin atrofisinin karşılaştırılmasında yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir.

Kazerooni ve arkadaşları [21] ise, beyin dokusu ve tümör alt bölgelerinin segmentasyonuna yönelik yaptıkları çalışmada, 244 pediatrik hastanın görüntülerini kullanmışlardır. Çalışmada öncelikle hastaların çok parametrelili taramaları (T1w, T1w-CE, T2 ve T2-FLAIR) ön işleme tabi tutulmuştur. Beyin dokusu ve tümör alt bölgeleri kontrast tutan tümör, kontrast tutmayan tümör, kistik bileşenler ve tümör çevresi ödem olarak tanımlanmak üzere manuel olarak segmentlere ayrılmıştır. Elde edilen veriler üç boyutlu bir evrişimli sinir ağı modeli olan DeepMedic'in eğitilmesinde kullanılmıştır. Sonrasında test verileri ile test edilen model Dice skoru olarak 0,91 değerini elde etmiştir.

Li ve arkadaşlarının [26] yapmış oldukları çalışmada 2D ve 3D verilerin birleşimi ile hem kafatası hem de beyin dokularının segmentasyon bölgeleri başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Özellikle bebek, çocuk ve yetişkinlerde beyin dokusu segmentasyonu için kullanılan veri setlerinde, CAN modeli mevcut yöntemlerin üzerinde sonuçlar elde etmiştir. Deneysel sonuçlar modelin dHCP2017 verilerinde %90.82

Dice skoru ile diğer yöntemlere kıyasla oldukça yüksek bir performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Otomatik beyin doku segmentasyonunda ise, Kumar ve arkadaşları [11], Lifespan Human Connectome Projesine katılan yaşları 22-35 arasında değişen deneklerden elde edilen toplam 1350 MR görüntüsü kullanmışlardır. Bu görüntülerin 1080'i eğitim için, 135'i test için ve kalan 135'i doğrulama verisi olarak kullanılmıştır. Çalışmada MR görüntülerinin segmentasyonu amacıyla Kesirli Henry At Sürüsü Gaz Optimizasyonu tabanlı Shepard Evrişimli Sinir Ağı (FrHHGO based ShCNN)'ni kullanan hibrit bir optimizasyon modeli kullanılmıştır. Kullanılan model sayesinde maksimum %93,2 hassasiyet, %91.5 hatırlatma, %91,1 Dice skor ve %90,5 F1 skoru elde edilmiştir. Araştırmacılar bu yöntemi özellikle Alzheimer, şizofreni ve epilepsi gibi hastalıkların erken tanısında kullanılmak üzere önermişlerdir.

Kollem ve arkadaşlarının [27] yaptığı çalışmada ise, doku segmentasyon ve sınıflandırmasında önemli bir yeri olan ön işleme ve ayrıştırma adımlarına önem verilmiştir. Çalışmada ön işlem adımında, MR görüntülerindeki gürültü, kısmi diferansiyel denklemler kullanılarak giderilmiş, ardından çok ölçekli konturlet dönüşümü uygulanmıştır. Segmentasyon adımında, olasılıksal bulanık C-ortalama (PFCM-Possibilistic Fuzzy C-Means) yöntemi kullanılarak gri madde, beyaz madde, beyin omurilik sıvısı ve tümör dokuları başarılı bir şekilde ayrıştırılmıştır. Çalışmanın son adımında beyin dokularının sınıflandırılması için optimize edilmiş destek vektör makinesi (OSVM) kullanılmıştır. BraTS2021 ve Figshare veri kümeleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin %99 doğruluk ve duyarlılık oranına sahip olduğunu göstermektedir.

Beyin yapısının bütünlüğünü etkileyen hastalıklarda, özellikle hacimsel değişikliklerin değerlendirilmesi amacıyla patolojik alanlarda sağlıklı dokuların yeniden oluşturulması gerekmektedir. Durrer ve arkadaşları [28] tarafından gerçekleştirilen çalışma bu amaca hizmet etmektedir. Çalışmada beyin dokularının tamamlanmasında Denoising Diffusion Modelleri (DDPM) kullanılmıştır. Bu doğrultuda en gelişmiş 2D, pseudo-3D, 3D latent ve 3D dalga difüzyon modellerinden sağlıklı beyin dokusunun sentezlenmesi için yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan deneysel testler pseudo-3D modelinin en iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir. Bu model, yapı benzerliği indeksi (SSIM), ortalama karesel hata (MSE) ve tepe sinyal-gürültü oranı (PSNR) gibi metriklerde diğer yöntemleri geride bırakmıştır.

Kumar ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [29] beyin ve sinir cerrahisinde kullanılan beyin doku segmentasyonu ve traktografi yöntemlerine odaklanılmaktadır. Çalışmada, difüzyon manyetik rezonans görüntüleme (dMRG) ile yapısal MRG verileri kullanılarak beyin dokularının (gri madde, beyaz madde ve beyin omurilik sıvısı) doğru bir şekilde segmentasyonuna ve beyin yapısal bağlantılarının haritalandırılmasına yönelik çalışmalara değinilmiştir.

Lee ve arkadaşlarının [30] yaptığı çalışmanın temel amacı, inme sonrası hastaların beyin fonksiyonlarını geri kazandırmaya yönelik uygulanan TMS, tDCS ve tACS gibi

invazif olmayan beyin stimülasyonu yöntemlerinin başarısına katkı sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda geleneksel yöntemlerin aksine inme kaynaklı hasarlı bölgeler daha detaylı alt bölgelere ayrılarak daha doğru modeller elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada 3D U-net mimarisi, ATLAS veri kümesi ile 60 denekten elde edilen 3D T1 ağırlıklı MR görüntüleri kullanılmıştır.

Chen ve arkadaşları [12] beyin doku segmentasyonunun başarısını insan yaşamı ile ilişkilendirmişlerdir. Çalışmalarında mevcut beyin dokusu segmentasyon yöntemlerinde, biyolojik süreçlerin, yoğunluk homojensizliğinin, hareket kaynaklı bozulmaların, tarayıcı kaynaklı farklılıkların ve kişinin yaşlanması sonucunda ortaya çıkan yapısal ve görsel değişikliklerin göz ardı edildiğini belirtmişler. Bu sebeple daha hassas ve yaşa göre uyarlanmış denetimli karşıt öğrenme (Supervised Contrastive Learning) temelli bir modeli önermişlerdir. Tasarladıkları modeli 2464 MR görüntüsünü kullanarak mevcut segmentasyon yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Deneysel sonuçlar (WM:%95,7, GM:%94,2, CSF:%88.6 Dice skoru) modelin başarılı olduğunu göstermiştir.

Jaware ve arkadaşları [31] tarafından yürütülen diğer bir çalışmada, nörolojik hastalıkların erken dönemde teşhisine yönelik olarak bebek MR görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırılmasına yönelik yenilikçi bir yaklaşıma yer verilmiştir. Bu yaklaşım dört işlem adımından oluşmaktadır. İlk adımda gürültülü veriden kurtulmak için yerel olmayan ortalama tekniği kullanılmıştır. Sonraki adımda Forstner Köşe Algılama ile işlenecek görüntünün köşe noktaları tespit edilmiştir. Üçüncü adımda tohumlanmış bölge büyütme algoritması ile segmentasyon işlemi yarıcı-avcı algoritması ile de optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaklaşımın son adımında dokular, ağırlıklı KNN ve seyrek otomatik kodlayıcı ile sınıflandırılmıştır. Çalışma, beyin dokusu segmentasyonu ve sınıflandırması için yüksek denilebilecek (%93) bir dice katsayısına sahiptir.

## VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, özellikle son yıllarda yapay zekâ yöntemleriyle gerçekleştirilen beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırması üzerine yapılan çalışmalara odaklanılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında, bu alanda kullanılan tıbbi görüntüleme teknikleri ele alınmış; ardından beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırılmasında kullanılan veri kümeleri ile bu veri kümelerinin özellikleri açıklanmıştır. Sonraki bölümde, segmentasyon ve sınıflandırma öncesinde gerçekleştirilen ön işlem adımlarına yer verilmiştir. Son bölümde ise, beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırması üzerine yapılan çalışmalar, kullanılan yöntemler ve elde edilen sonuçlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar, beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırılmasına yönelik yöntemlerin, farklı yaş grubundan hastaların beyin doku analizini kolaylaştırmayı, segmentasyon ve sınıflandırma başarısını artırmayı, çeşitli hastalıkların teşhis ve tedavi süreçlerini hızlandırmayı hedeflediğini göstermektedir. Özellikle ölüm ve engellilik oranlarının yüksek olduğu beyin atrofisi, beyin tümörü, inme

gibi hastalıkların teşhis ve tedavisine yönelik olarak geliştirilen bu yöntemler, etkili ve başarılı çözümler sunmaktadır.

Kaotik Tabanlı Geliştirilmiş Ateşböceği Algoritması ve Olasılıksal Bulanık C-Means Algoritması gibi yöntemler, beyin MR görüntülerindeki gürültü ve homojen olmayan yoğunluklarla başa çıkabilmektedir. Bu sayede, net olmayan görüntülerde bile doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu durum, özellikle beyin tümörü gibi önemli hastalıkların klinik tanısı açısından büyük önem taşımaktadır.

Çalışmalarda kullanılan Kesirli Henry At Sürüsü Gaz Optimizasyonu, Kaotik Tabanlı Gelişmiş Ateşböceği Algoritması gibi optimizasyon teknikleri, sınırlı veri setlerinde bile segmentasyon ve sınıflandırma doğruluğunu artırmaktadır.

Kullanılan yöntem ve teknikler sayesinde, manuel segmentasyon kaynaklı tutarsızlıklar, hatalar ve zaman kayıpları ortadan kalkmakta, daha hızlı ve tutarlı sonuçlar elde edilmektedir. Bu durum ise, inme gibi acil müdahale gerektiren hastalıkların teşhisinin daha erken bir safhada yapılmasına olanak sağlayarak, tedavi sürecinin başarısını artırmaktadır.

Beyin doku segmentasyonu ve sınıflandırması alanında yapılan bu çalışmalar, doğru teşhis ve tedavi planlaması açısından son derece önemlidir. Özellikle klinik tanı süreçlerinde, otomatik ve hassas segmentasyon yöntemleri hastalara daha hızlı ve doğru müdahale imkânı sağlar. Ancak, geniş veri ihtiyacı ve yüksek hesaplama maliyetleri gibi sınırlamalar, bu yöntemlerin yaygın olarak kullanımını kısıtlayabilmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda, burada bahsedilen yöntem ve tekniklerin, daha düşük çözünürlük ve sınırlı veri setleri üzerinde de yüksek performans sağlayacak şekilde geliştirilmesine odaklanılması önerilmektedir. Ayrıca bu yöntemlerin yeni optimizasyon teknikleriyle entegrasyonu, işlem hızını ve doğruluğunu artırarak daha yaygın kullanımı mümkün kılabilir.

## KAYNAKÇA

- [1]. World Health Organizatio, (Erişim: 01/10/2024), <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- [2]. Türkiye İstatistik Kurumu, (Erişim: 15/09/2024) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Olum-ve-Olum-Nedeni-Istatistikleri-2023-53709>
- [3]. D. Herek, ve N. Karabulut, "Manyetik Rezonans Görüntüleme," TTD Toraks Cerrahisi Bülteni, ss. 214-222, 2015.
- [4]. F. Altuntaş, "Beyin MR Görüntülerinin Akıllı Yöntemler ile Sınıflandırılması, Kümelenmesi ve Bölütlenmesi" Yüksek Lisans Tezi - Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli. 2021.
- [5]. MRIMASTER, (Erişim: 01/10/2024),

- <https://mrimaster.com/t1-vs-t2-vs-pd-vs-flair-mri/>
- [6]. B. A. Mueller, K. O. Lim, L. Hemmy, ve J. Camchong, "Diffusion MRI and its role in neuropsychology," *Neuropsychol Rev.* ss , 250-271, 2015.
- [7]. F. Zhang, A. Breger, K. Cho, L. Ning, vd., "Deep learning based segmentation of brain tissue from diffusion MRI," *NeuroImage* (223), ss. 1-11, 2021.
- [8]. Ö. Polat, M.S. Kartal, "Derin öğrenme ile pencere ayarlı görüntüler kullanılarak beyin inme segmentasyon performansının geliştirilmesi," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:13, Sayı: 4, ss. 1094-1109, 2023.
- [9]. S. Gudise, K. G. Babu, T. S. Savithri, "An advanced fuzzy C-Means algorithm for the tissue segmentation from brain magnetic resonance images in the presence of noise and inhomogeneity," *The Imaging Science Journal*, ss. 520-539, 2023.
- [10]. Simulated Brain Database, (Erişim: 15/09/2024), <https://brainweb.bic.mni.mcgill.ca/brainweb/>
- [11]. P. R. Kumar, J. R. Kumar, P. A. Kumar, B. D. Raju, "Improved neurological diagnoses and treatment strategies via automated human brain tissue segmentation from clinical magnetic resonance imaging," *Intelligent Medicine* , Cilt: 4, Sayı:3, ss. 161-169, 2024
- [12]. X. Chen, J. Wu, W. Lyu, Y. Zou, vd., "Brain Tissue Segmentation Across the Human Lifespan via Supervised Contrastive Learning," *arXiv*, ss. 1-10, 2023.
- [13]. Connectome Coordination Facility, (Erişim: 02/10/2024), <https://www.humanconnectome.org/study/hcp-young-adult>
- [14]. I. B. Malone, D. Cash, G. R. Ridgway, D. G. MacManus, vd., "MIRIAD—Public release of a multiple time point Alzheimer's MR imaging dataset," *NeuroImage*, ss. 33-36, 2013.
- [15]. Brain Tumor Segmentation, (Erişim: 04/10/2024), <http://braintumorsegmentation.org/>
- [16]. Figshare, (Erişim: 21/09/2024), [https://figshare.com/articles/dataset/brain\\_tumor\\_data\\_et/1512427](https://figshare.com/articles/dataset/brain_tumor_data_et/1512427)
- [17]. Iseg-2017, (Erişim: 01/09/2024), <https://iseg2017.web.unc.edu/>
- [18]. ATLAS, (Erişim: 26/09/2024), <https://atlas.grand-challenge.org/>
- [19]. A. Clérigues, S. Valverde, A. Oliver, X. Lladó, "Improving brain atrophy quantification with deep learning from automated labels using tissue similarity priors," *Computers in Biology and Medicine*, Cilt: 179, ss.1-16, 2024.
- [20]. ADNI, (Erişim: 16/09/2024), <https://adni.loni.usc.edu/>
- [21]. A. F. Kazerooni, S. Arif, R. Madhogarhia, N. Khalili, vd., "Automated tumor segmentation and brain tissue extraction from multiparametric MRI of pediatric brain tumors: A multi-institutional study," *Neuro-Oncology Advances*, ss.1-12, 2023.
- [22]. J. Nalepa, M. Marcinkiewicz, M. Kawulok, "Data Augmentation for Brain-Tumor Segmentation: A Review," *Frontiers in Computational Neuroscience* , Cilt: 13, ss. 1-18, 2019.
- [23]. S. Yang, W. Xiao, M. Zhang, S. Guo, vd., "Image Data Augmentation for Deep Learning: A Survey," *arXiv*, ss: 1-8, 2022.
- [24]. X. Dai, Y. Lei, Y. Fu, W. J. Curran, vd., "Multimodal MRI Synthesis Using Unified Generative Adversarial Networks," *Med Phys*, ss: 6343-6354, 2020.
- [25]. D. Karimi, C. K. Rollins, C. Velasco-Annis, A. Ouaalam, vd., "Learning to segment fetal brain tissue from noisy annotations," *Medical Image Analysis*, Cilt: 85, ss. 1-10, 2023.
- [26]. Z. Li, C. Zhang, Y. Zhang, X. Wang, vd., "CAN:Context-assisted full Attention Network for brain tissue segmentation," *Medical Image Analysis*, Cilt: 85, ss. 1-17, 2023.
- [27]. S. Kollem, "An efficient method for MRI brain tumor tissue segmentation and classification using an optimized support vector machine," *Multimedia Tools and Applications*, Cilt: 83, ss. 68487-68519, 2024.
- [28]. A. Durrer, J. Wolleb, F. Bieder, P. Friedrich, vd., "Denoising Diffusion Models for 3D Healthy Brain Tissue Inpainting," *arXiv*, ss. 1-11, 2024.
- [29]. P. R. Kumar, R. Jha, A. Katti, "Brain tissue segmentation in neurosurgery a systematic analysis for quantitative tractography approaches," *Acta Neurologica Belgica*, Cilt: 124, ss. 1-15, 2024.
- [30]. J. Lee, M. Lee, J. Lee, R. Kim, vd., "Fine-grained brain tissue segmentation for brain modeling of stroke patient," *Computers in Biology and Medicine*, ss. 1-9, 2022.
- [31]. T. H. Jaware, V. R. Patil, C. Nayak, A. Elmasri, "A novel approach for brain tissue segmentation and classification in infants' MRI images based on seeded region growing, foster corner detection theory, and sparse autoencoder," *Alexandria Engineering Journal*, Cilt: 76, ss. 289-305, 2023.



## INDEX

### A

Alev MUTLU, 82  
Anil ERDOĞAN, 32  
Aykut GÜZEL, 67  
Ayşe Gül EKER, 27  
Ayşe Nur UZUNLAR, 99

### B

Bora ALBOYACI, 75  
Burcu BİLGİN, 12

### C

Candide ÖZTÜRK, 71  
Cansu ASLAN, 99

### D

Dila Seray TEGUN, 32

### E

Emin Kayra ERTEKİN, 32  
Emirhan DURSUN, 45  
Eray DURSUN, 71  
Ercan ÖLÇER, 25, 104

### F

Funda DÖKMEN, 99

### G

Gökçe ARKAN, 25  
Gül Çiçek ZENGİN BİNTAŞ, 53, 86, 93

### İ

İclal ÇENGEL, 61  
İrem İÇYER, 86  
İrem YILMAZ, 12  
İsmet KARADUMAN, 108

### M

Mehmet Akif Cıfci, 50

Mehmet Azmi AKTACI, 67  
Mehmet GEZER, 75  
Mehmet KARA, 45, 61  
Meltem KURT PEHLİVANOĞLU, 108  
Mustafa KAYGUSUZ, 82

### N

Nevcihan DURU, 12, 18, 71, 99  
Nina AALAMI, 18  
Nur Banu ALBAYRAK, 71

### Ö

Özgür SAĞIR, 37

### P

Peren Jerfi Canatalay, 50

### S

Selime Selin CAN, 61  
Serhat BİLAL, 53, 93  
Sude Naz DEMİRTAŞ, 61

### T

Taşkın KIZIL, 18

### U

Ulaş VURAL, 32, 37

### V

Vildan YAZICI, 71

### Y

Yusuf Can DEMİR, 67  
Yusuf USTAOGU, 32

### Z

Zeynep İrem AKYALÇIN, 61

## SPONSORS

### MAIN SPONSOR



### OTHER SPONSORS



Bewell Teknoloji San. Tic. A.Ş.

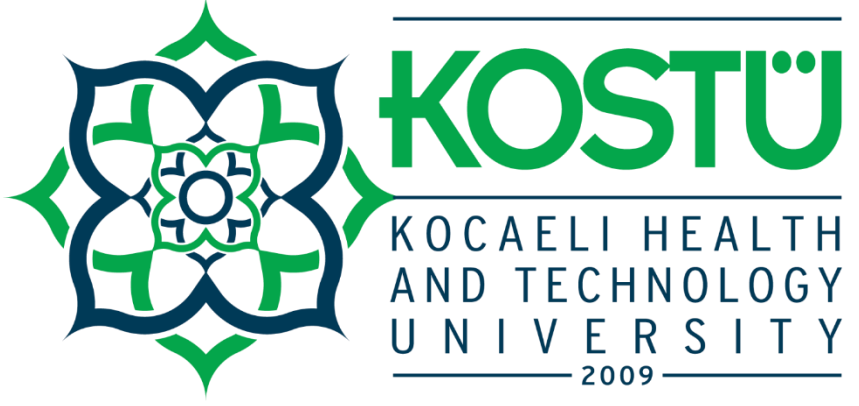
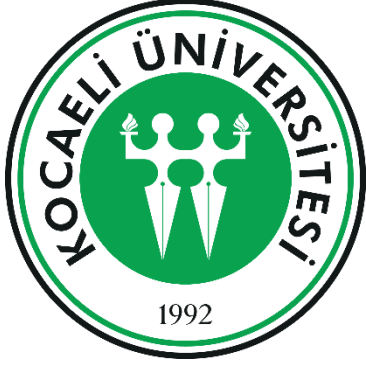


ELYAKUT Sabunları



Göçmen Börekçi





[www.kocaelisaglik.edu.tr](http://www.kocaelisaglik.edu.tr)

[www.kocaeli.edu.tr](http://www.kocaeli.edu.tr)

**2024, Kocaeli**